

Институт наук о Земле

2017

АННОТАЦИЯ

Структурно-генетический анализ результатов изучения керна и каротажа показал, что пласт ЮВ₁ Ватьеганского нефтяного месторождения состоит из 5 трансгрессивно-регрессивных слоевых последовательностей, которые формировались за счет миграции обстановок осадконакопления глубоководных илов, лоскутных песков и подводных песчаных валов при подъемах и падениях уровня моря. Установлено, что песчаные коллекторы представляют собой линзы, в которых фильтрационно-емкостные свойства прямо пропорциональны мощности. Показано, что улучшение коллекторских свойств пласта ЮВ₁ можно ожидать на юге и юго-западе месторождения.

Structural and genetic analysis of the study results and core logging showed that formation JV₁ Vateganskogo oilfield comprises 5 transgressive-regressive layered sequences that are formed due to the migration of sedimentary environments of deep silts, sands and seamed sandy underwater shafts at rises and falls of sea level. It is found, that the sand collectors are lenses in which the reservoir properties are directly proportional to power. It is shown, that the improvement of reservoir properties JV₁ formation can be expected in the south and south-west of the deposit.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1 КРАТКИЙ ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ОЧЕРК	7
1.1 ЭКОНОМИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА МЕСТОРОЖДЕНИЯ	7
1.2 ЛИТОЛОГО-СТРАТИГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЗРЕЗА	8
1.3 ТЕКТНИКА	11
1.4 НЕФТЕГАЗОНОСНОСТЬ	13
1.5 ЛИТОЛОГО-СТРАТИГРАФИЧЕСКАЯ И ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПЛАСТА ЮВ1	16
1.5.1 ПЛАСТ ЮВ1-1	20
1.5.2 ПЛАСТ ЮВ1-2	20
1.6 НЕФТЕГАЗОНОСНОСТЬ ПЛАСТА ЮВ1	21
2 ФАКТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	23
3 РЕЗУЛЬТАТЫ	26
3.1 СТРУКТУРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ТИПЫ СЛОЕВ	26
3.1.1 СЛОИ ОТКРЫТОГО ГЛУБОКОВОДНОГО ШЕЛЬФА (Х)	26
3.1.2 СЛОИ ОТКРЫТОГО МЕЛКОВОДНОГО ШЕЛЬФА (У)	27
3.2 ЦИКЛОТЕМЫ	37
3.3 ПАЛЕОГЕОГРАФИЯ	40
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	53
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	55

ВВЕДЕНИЕ

Ватьеганское месторождение открыто в 1971 году. Расположено в Сургутском районе Ханты-Мансийского автономного округа Тюменской области в 30 км от города Когалым и в 140 км к северо-востоку от города Сургут (Западная Сибирь) (рис.1). Получило свое название по реке Ватьеган. Разработка начата в 1983 году. По состоянию на конец 2004 года доказанные запасы составляют 1,5 млрд барр. нефти, накопленная добыча превысила 135 млн т.



Рисунок 1 Местоположение Ватьеганского нефтяного месторождения

(<http://kommersant.ru>)

Ватьеганское месторождение – одно из крупнейших в группе ЛУКОЙЛ в России. На данный момент месторождение находится на третьей стадии разработки, характеризующейся падением добычи нефти и ростом обводненности продукции скважин. Довольно большой процент запасов относится к трудноизвлекаемым. Для повышения эффективности разработки применяются новые технологические процессы, направленные на увеличение добычи нефти и повышение нефтеотдачи пластов.

В пределах месторождения глубоким бурением изучены в основном осадочные породы мезозойского и кайнозойского возраста.

Пласт ЮВ₁ обладает довольно низкими фильтрационно-емкостными свойствами, от этого очень низкая продуктивность. Вызов притока жидкости из пластов сопряжен с большими трудностями, возможны участки залежей с непромышленной нефтеносностью (нерентабельными дебитами нефти).

Актуальность: В настоящее время открытие новых месторождений происходит крайне редко, от этого нефтяники и газовики вынуждены работать с остаточными и трудноизвлекаемыми запасами на разрабатываемых истощенных месторождениях третьей и четвертой стадии. Таким месторождением является Ватьеганское нефтяное месторождение Западной Сибири. Длительная разработка залежей в верхних пластах неокома и уменьшение оставшихся в них запасов углеводородов делают прогноз новых залежей в песчаных отложениях васюганской свиты актуальным. На Ватьеганском месторождении открыты промышленные залежи, связанные с продуктивным горизонтом Ю₁ (васюганская свита). Несмотря на то, что верхнеюрские отложения в Ханты-Мансийском автономном округе сравнительно хорошо исследованы, на территории Ватьеганского месторождения еще требуют более детального изучения, как литологического, так и фациального, для выявления зон улучшенных пород-коллекторов. Определение фациальной природы песчаных тел имеет главное значение при поисках литологических ловушек нефти и газа и позволяет осуществлять прогноз их пространственного размещения, положения зон выклинивания и изменения коллекторских свойств пород.

Цель работы: Реконструировать палеогеографическую ситуацию формирования пласта ЮВ₁ для выявления особенностей строения и наиболее перспективных участков на площади месторождения, обладающих наилучшими коллекторскими свойствами.

Задачи:

1. На основе описание керн 33 скважин установить структурно-генетические типы слоев.
2. Выявить закономерности строения трансгрессивно-регрессивных последовательностей слоев, по этим данным скоррелировать разрезы, установив изохронные уровни, соответствующие трансгрессивным и регрессивным максимумам.
3. Для выявления латеральных изменений слоевой структуры построить литолого-генетические профили продуктивного пласта.

4. Построить палеогеографические схемы для узких временных интервалов, соответствующим максимумам трансгрессий и регрессий, и проанализировать эволюцию палеогеографической обстановки.
5. Построить схемы изопакит для песчаников, схемы эффективной пористости и проницаемости песчаных тел, выявить зависимость их параметров от мощности песчаников.
6. Выделить перспективные участки на месторождении с наилучшими фильтрационно-емкостными свойствами.

Защищаемые положения:

1. Продуктивный пласт ЮВ₁ Ватьеганского месторождения образован отложениями песчаных отмелей, миграция которых в течение 5 трансгрессивно-регрессивных циклов определила особенности его строения.
2. На юге и юго-западе Ватьеганского месторождения пласт ЮВ₁¹ характеризуется наилучшими коллекторскими свойствами, что связано с наиболее продолжительным существованием отмели с крупными песчаными валами.

Автор выражает благодарность научному руководителю, Шишлову Сергею Борисовичу, за чуткое руководство и помощь на всех этапах работы, сотрудникам компании ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «КогалымНИПИнефть» за предоставленные материалы, а также сотрудникам Ресурсного Центра «Геомодель» за изготовление шлифов.

1 КРАТКИЙ ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ОЧЕРК

1.1 Экономико-географическая характеристика района месторождения

Ватьёганское нефтяное месторождение расположено в пределах Сургутского района Ханты-Мансийского автономного округа Тюменской области, в 30 км восточнее г. Когалыма. Районный центр – г.Сургут.

На востоке к Ватьёганскому месторождению примыкает Усть-Котухтинское, на западе – Кустовое, на северо-западе – Дружное и Свободное, на юго-западе – Восточно-Придорожное месторождения нефти. В настоящее время ведётся промышленная разработка всех вышеназванных месторождений. Обзорная карта месторождений Когалымского региона представлена на рисунке 2.

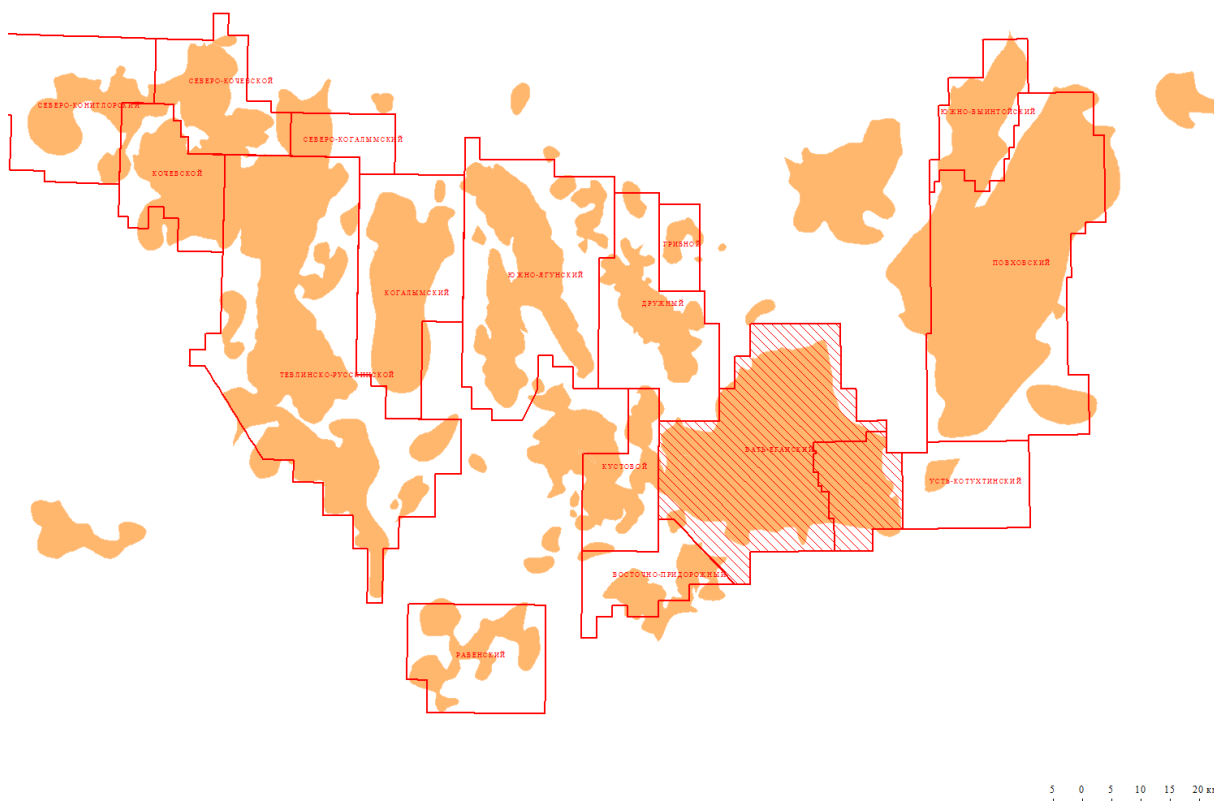


Рисунок 2 Обзорная карта месторождений Когалымского региона
(ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «КогалымНИПИнефть»)

Месторождение находится в районе с развитой производственной инфраструктурой, центром которой является г. Когалым.

Когалым приравнен к районам крайнего севера. Климат резко континентальный, с суровой продолжительной зимой и сравнительно теплым летом. Среднегодовая температура воздуха - $-2,5^{\circ}\text{C}$. Средняя температура января $-9,2^{\circ}\text{C}$, средняя температура июля $+18,1^{\circ}\text{C}$. Относительная влажность воздуха – 76,5%. Осадков выпадает 400-550 мм в год. Толщина снежного покрова достигает 70-80 см на открытых участках и до 1.5 м в лесу. Максимальная глубина промерзания грунта на площади на отдельных участках достигает 3 м, на открытых озерах и болотах сезонно промерзающие грунты переходят в многолетнепромерзающие породы [1, 2].

В орогидрографическом плане территория относится к центральной части Западно-Сибирской низменности и представляет собой слаборасчлененную, сильно заболоченную равнину с пологими отрицательными и положительными формами рельефа. Абсолютные отметки местности изменяются от +65 до +78 м, увеличиваясь к северу. Долины рек и ручьев слабо выражены в рельефе, склоны их пологие, русла извилистые. Медленное течение и слабый сток речной сети обусловили сильную заболоченность пойменных участков в этом районе [1, 2, 3].

Город расположен в районе тайги. Лесистость - 52%. Основу древесной растительности составляют хвойные виды (сосна, кедр, ель, лиственница, пихта). Встречаются мелколиственные породы деревьев и кустарников: береза, осина, ива, рябина) [1, 2, 3].

Фауна по своему составу достаточно разнообразна.

Основное нефтегазодобывающее предприятие ООО «Лукойл-Западная Сибирь» входит в состав нефтяной компании «Лукойл».

1.2 Литолого-стратиграфическая характеристика разреза

Геологический разрез Ватьеганского месторождения типичен для Широкого Приобья и включает два основных структурных комплекса: доюрский (отвечающий геосинклинальному этапу развития территории) и мезокайнозойский (отвечающий платформенному этапу развития территории). Отложения доюрского основания вскрыты скважинами 182 и 1190 в интервале глубин 3430-3649 м и представлены известняками светло-серыми, мелкокристаллическими, средней крепости, трещиноватыми. По трещинам наблюдаются зеркала скольжения. Возраст предположительно пермский. Выше залегает толща, представленная чередованием песчаников и аргиллитов. Песчаники темно- и зеленовато-серые, разнотекстурные, полимиктовые, плотные, с трещинами, заполненными кальцитом и хлоритом. Аргиллиты темно-серые, розовато- и зеленовато-серые, средней крепости, местами опесчаненные, участками перемятые и трещиноватые. Толщина до 100 м,

возраст ориентировочно триасовый. Признаков нефти и газа в доюрских образованиях не обнаружено. Стратиграфия осадочного чехла Ватьеганского месторождения дана в соответствии с Региональными стратиграфическими схемами мезозойских отложений Западной Сибири, утвержденными МСК в 1991 году. В осадочном чехле, залегающем со стратиграфическим и угловым несогласием на породах фундамента, выделяются отложения юрской, меловой, палеогеновой и четвертичной систем (таблица 1) [4, 5, 6].

Таблица 1

Литолого-стратиграфическая характеристика осадочного разреза Ватьеганского месторождения (ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «КогалымНИПИнефть»)

Стратиграфические подразделения		Толщина, м	Литологическая характеристика
Название	индекс		
Четвертичные отложения		До 30 м	Пойменный аллювий, покровные отложения, торф, суглинки, пески, супеси, глины.
Перерыв в осадконакоплении			
Палеогеновая система:			
Туртасская свита	3^3	15-30	Алевролиты и пески глауконит-кварцевые, с редкими прослоями диатомитов и глин. Встречаются остатки древесины. Генезис – озерно-аллювиальный.
Новомихайловская свита	3^2	28-115	Неравномерное чередование глин коричнево-серых, серых и зеленых, песков и алевролитов полевошпатово-кварцевых. Много включений углистого детрита и растительных остатков. Генезис – озерно-аллювиальный.
Атлымская свита	3^1	16-51	Неравномерное переслаивание песков и глин, сходных с вышеописанными.
Тавдинская свита	3^1	До 225	Пески серовато-зеленые, серые, изредка гравелитовые, с прослоями зеленых и бурых глин, бурых углей – в нижней части и глины зеленые, тонкослоистые, с редкими прослоями песков, включениями пирита, сидерита и марказита – в верхней части. Генезис – морской.
Люлинворская свита	3^2	100-230	Глины в нижней части опоковидные, переходящие в опоки. Выше глины светло-зеленые, зеленовато-серые, жирные, листовые, алевритистые. Генезис – морской.
Талицкая свита	1	80-115	Глины темно-серые, плотные, алевритовые, с прослоями алевролитов и песчаников кварцево-глауконитовых. Генезис – морской.
Меловая система			
Ганькинская свита (маастрихт-дат)	2^{m-d}	125-160	Нижняя часть – опоки серые и голубовато-серые, глины темно-серые и черные, монтмориллонитовые. Встречаются прослои песчаников и алевролитов. Верхняя часть – толща глин темно-серых и зеленовато-серых

Стратиграфические подразделения		Толщина, м	Литологическая характеристика
Название	индекс		
			слабоалевритистых, с конкрециями пирита и сидерита, редкими зернами глауконита. Генезис – морской.
Березовская свита (коньяк-сантон-кампан)	2^{k-km}	125-160	Нижняя часть – опоки серые и голубовато-серые, глины темно-серые и черные, монтмориллонитовые. Встречаются прослои песчаников и алевролитов. Верхняя часть – толща глин темно-серых и зеленовато-серых, слабоалевритистых, с конкрециями пирита и сидерита, редкими зернами глауконита. Генезис – морской.
Кузнецовская свита (турон)	2^t	15-36	Глины серые, зеленовато-серые, темно-серые до черных, иногда слабоизвестковистые, сильно уплотненные, массивные. Генезис – предположительно прибрежно-морской.
Покурская свита (апт-альб-сеноман)	2^s- 1^{a-al}	730-780	Нижняя часть (K_1^{a-al}) – переслаивание песчаников, алевролитов и аргиллитов. Песчаники и алевролиты серые и светло-серые, глинистые, полимиктовые, реже – полевошпатово-кварцевые, с растительным детритом. Аргиллиты серые и темно-серые, местами зеленовато-серые, плотные, алевритистые. Верхняя часть (K_2^s) – песчаники и алевролиты с подчиненными прослоями уплотненных глин. Песчаники и алевролиты серые и светло-серые, иногда с зеленоватым оттенком, нередко известковистые, от мелко- до крупнозернистых, с растительным детритом. Глины темно-серые, аргиллитоподобные, плотные, нередко углистые, слюдистые. Генезис – континентальный.
Алымская свита (апт)	1^{ap}	60-100	Верхняя часть («кошайские глины») – глины аргиллитоподобные темно-серые, почти черные, тонкоотмученные, с прослоями битуминозных аргиллитов. Нижняя часть – песчаники темно-серые, глинистые, полимиктовые, слюдистые (пласты АВ-0, АВ1-2). Генезис – прибрежно-морской.
Ванденская свита (валанжин-готерив-баррем)	1^{v-Bm}	610-700	Чередование песчаников мелко- и среднезернистых от светло- до темно-серых, слюдистых, с аргиллитами и алевролитами. Аргиллиты с тонкими прослоями песчаников и алевролитов с включениями каменного угля и сидерита. Алевролиты крепкие, линзовидные и послоистые с остатками растительного детрита. С песчаниками свиты связаны продуктивные пласты АВ3, АВ6, АВ7, АВ8, БВ1, БВ2, БВ6, БВ7. Генезис – прибрежно-морской.

Стратиграфические подразделения		Толщина, м	Литологическая характеристика
Название	индекс		
Мегионская свита (берриас-валанжин)	1^{B-v}	200-330	Мощная толща преимущественно глинистых пород. Песчаные пласты, имеющие наиболее широкое площадное распространение, встречаются в нижней части (ачимовская пачка, пласты Ach3-3, Ach3-2) и в средней части свиты – пласт БВ10. Песчаники ачимовской толщи серые и темно-серые, мелкозернистые, реже среднезернистые, глинистые, не выдержанные по простиранию. Песчаники в средней части свиты серые, мелкозернистые, аркозовые, массивные. Генезис – морской.
Юрская система:			
Баженовская свита (титон)	3^{tt}	18-38	Аргиллиты черные, плотные, массивные, плитчатые или листовые, битуминозные. Региональный маркирующий горизонт. К свите приурочен продуктивный пласт ЮВ $_1^0$. Генезис – морской.
Георгиевская свита (ким-меридж)	3^{km}	2-10	Аргиллиты темно-серые, крепкие. Местами встречаются прослои песчаника желтоватого оттенка. Генезис – морской.
Васюганская свита (ким-меридж)	3^{k-0}	60-100	Нижняя часть сложена аргиллитами темно-серыми с редкими прослоями песчаников и алевролитов. Верхняя часть представлена песчаными породами, к которым приурочены пласты ЮВ $_1^1$ и ЮВ $_1^2$. Песчаники и алевролиты серые, мелкозернистые, глинистые, слюдистые, плотные, с растительными остатками. Генезис – морской и прибрежно-морской.
Тюменская свита (нижняя + средняя юра)	1-2	310-340	Песчаники и алевролиты мелко- и тонкозернистые, кварцевые, слюдистые, плотные, сильно глинистые, с растительным детритом и углистыми включениями. Аргиллиты плотные, с прослоями алевролитов. Генезис – континентальный. Отложения свиты на породах доюрского основания залегают несогласно.

1.3 Тектоника

Ватъёганское месторождение находится в центральной тектонической области Западно-Сибирской плиты, где выделяется доюрское «основание» и осадочный чехол, состоящий из отложений мезозойско-кайнозойского возраста [7, 9, 12].

В тектоническом плане месторождение приурочено к Северо-Вартовской мегатерассе (I порядок), осложнённой Ватъёганским валом (II порядок) (Шпильман В.И., 1998 г.).

Ватъёганский вал, в свою очередь, осложняется рядом структур III порядка, наиболее крупные из которых – Южно-Айкаеганская, Западно-Ватъёганская и Михлорская. Тектоническое строение осадочного чехла приводится в соответствии тектонической картой центральной части Западно-Сибирской плиты, составленной в 1998 году под редакцией В.И. Шпильмана, Н.И. Змановского, Л.Л. Подсосовой, выкопировка из которой приведена на рисунке 3 [4, 7, 8].

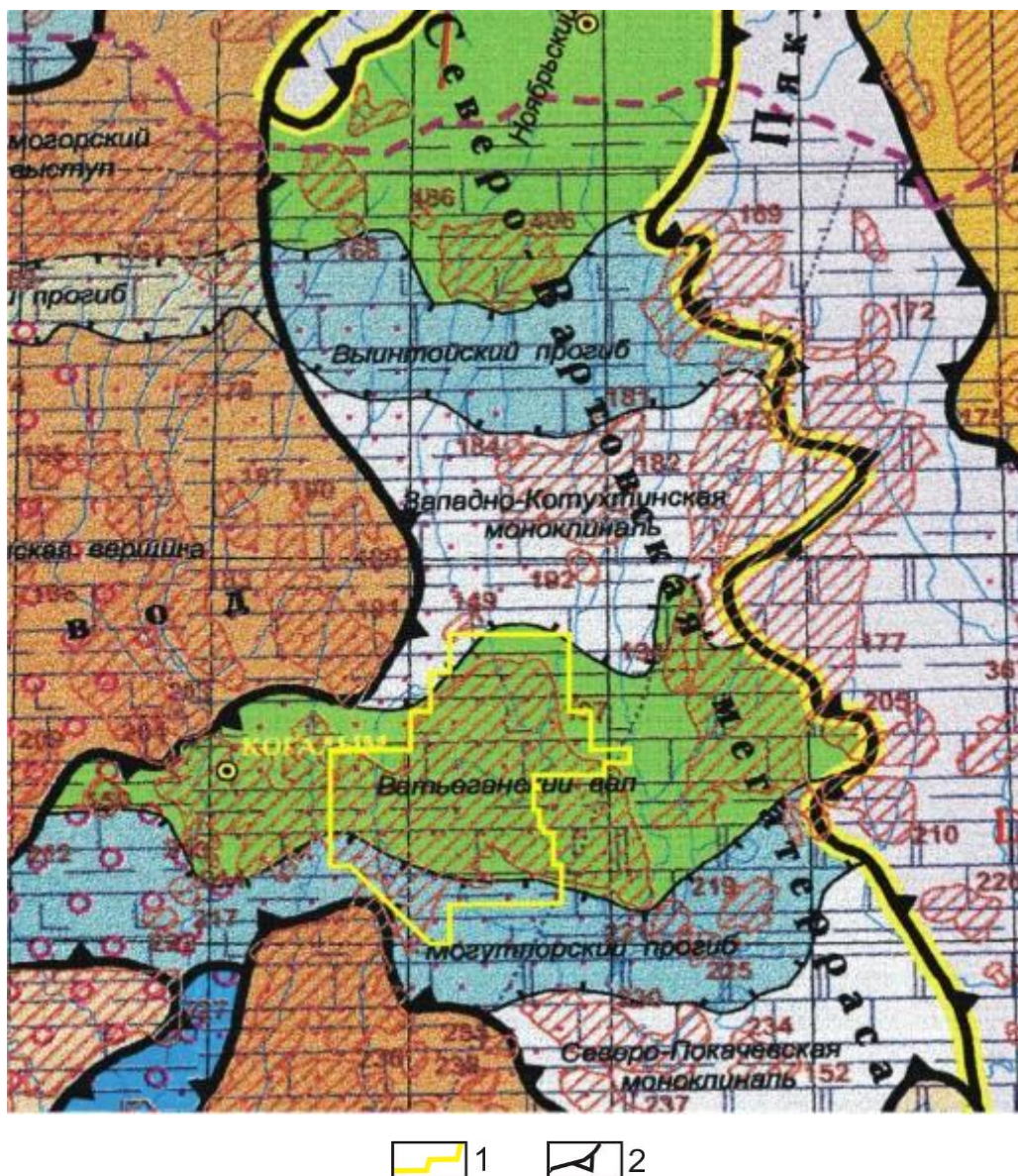


Рисунок 3 Выкопировка из тектонической карты центральной части Западно-Сибирской плиты (под редакцией В.И.Шпильмана, Н.И.Змановского, Л.Л.Подсосовой, 1998г.)

1 – граница Ватъёганского лицензионного участка, 2 – границы структур первого порядка

На сейсмоструктурных построениях по доюрскому фундаменту (кровля палеозойских отложений) Ватъёганское поднятие имеет неправильные очертания. Четко прослеживается его центральная часть, которая вытянута в направлении с северо-запада на юго-восток. Вершина данной части структуры смещена к северо-западному участку. Её размеры по простирацию

достигают 26 км, ширина - 8 км. В виде структурных осложнений происходит развитие поднятия в западном, юго-западном, а также в северо-восточном направлениях. Морфологически указанные элементы представляют собой приподнятые зоны различных очертаний и изрезанной формы, которые с основной частью складки соединяются через небольшие пережимы и образуют с ней единое целое. Их размеры колеблются в пределах от 6х8 км до 8х14 км. Кроме того, в периферийных участках площади выделяются небольшие локальные приподнятые зоны, по строению близкие к куполам. Их размеры от 1.2х1.6 до 3х4 км. Подобные тектонические элементы обнаружены на востоке, юге и юго-востоке поднятия. Нередко они объединяются в структурные зоны широтного либо меридионального простирания [4, 5, 7, 8, 9, 12].

По вышележащим горизонтам происходит некоторое перестроение структурного плана. Отдельные купола смещаются в плане. Часть из них объединяется в единое целое, более четкими становятся пережимы между основными поднятиями. Вверх по разрезу дифференциация структуры уменьшается, ее унаследованный характер развития сохраняется [4, 5, 7, 8, 9, 12].

В целом, по основным сейсмическим горизонтам можно констатировать четкую унаследованность всех структур с постепенным выполаживанием вверх по разрезу [4, 5, 12].

1.4 Нефтегазоносность

Ватъеганское месторождение открыто в 1971 году скважиной 5Р, в которой при испытании интервала пласта АВ₁² получен приток безводной нефти дебитом 17 м³/сут на 4 мм штуцере. Месторождение введено в разработку в 1984 году [4, 5, 8, 10, 11].

Нефтедержащими являются терригенные отложения мелового и юрского возраста. В пределах месторождения было выделено 28 продуктивных пластов: АВ₀¹, АВ₀², АВ₁², АВ₃, АВ₄, АВ₅, АВ₆, АВ₇¹, АВ₇^{1а}, АВ₇^{1б}, АВ₇², АВ₇³, АВ₇⁴, АВ₇⁶, АВ₈¹, АВ₈^{2а}, АВ₈^{2б}, БВ₁, БВ₂, БВ₆¹, БВ₆², БВ₇¹, БВ₁₀, АЧ₃², АЧ₃³, ЮВ₁⁰, ЮВ₁¹, ЮВ₁² (рис.4) [4, 5, 8, 10, 11, 12].

Основными продуктивными отложениями являются меловые горизонты АВ₁² и БВ₁, а также залежи верхнеюрского горизонта ЮВ₁. Подчиненную роль имеют залежи нижнемеловых горизонтов АВ₃₋₈, БВ₂₋₁₀ и ачимовской толщи (рис.4) [4, 5, 8, 10, 11].

Ватъеганское нефтяное месторождение расположено в северной части Нижневартовского нефтегазоносного района, в котором в настоящее время уже выявлено более 100 нефтяных и нефтегазовых месторождений. Район является одним из основных как по запасам, так и добыче нефти в Среднеобской нефтегазоносной области. В этом районе

продуктивность установлена в широком стратиграфическом диапазоне, выделяется пять нефтегазоносных комплексов: ниже-среднеюрский, васюганский, баженовский, ачимовский и неокомский. На Ватьёганском месторождении промышленная нефтеносность установлена в васюганском, ачимовском и неокомском комплексах [4, 5, 8, 10, 11, 12].

Група		Система	Отдел	Ярус	Подъярус	Надгоризонт	Горизонт	Вартовский свод, Северо-Вартовская мегатерраса																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
Група		Система	Отдел	Ярус	Подъярус	Надгоризонт	Горизонт	Тип разреза	Серия	Свита	Под-свита	Толща, пачка, пласт																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
Кайнозойская (Kz)	Четвертичная																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
	разные и перерыв осадконакопления																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
Мелозойская (Mz)	Палеогеновая																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
	разные и перерыв осадконакопления																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
Мелозойская (Mz)	Мелозойская (Mz)	Мелозойская (Mz)	Мелозойская (Mz)	Мелозойская (Mz)	Мелозойская (Mz)	Мелозойская (Mz)	Мелозойская (Mz)	Мелозойская (Mz)	Мелозойская (Mz)	Мелозойская (Mz)	Мелозойская (Mz)	Мелозойская (Mz)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																

На месторождении скважинами разрез вскрыт до глубины 3620 м (скв. 1190). Промышленная нефтеносность в изученной части разреза установлена в верхнеюрских и нижнемеловых отложениях в интервалах глубин 1922–2864 м.

Основными продуктивными отложениями являются меловые горизонты АВ₁² и БВ₁, а также залежи верхнеюрского горизонта ЮВ₁. Подчиненную роль имеют залежи нижнемеловых горизонтов АВ₃₋₈, БВ₂₋₁₀ и ачимовской толщи [4, 5, 8, 10, 11, 12].

1.5 Литолого-стратиграфическая и палеогеографическая характеристика пласта ЮВ₁

Отложения васюганской свиты оксфордского возраста, вмещающие пласты ЮВ₁, являются одним из главных продуктивных объектов Западной Сибири.

Изучением геологического строения и нефтеносности юрских отложений занимались многие научно-исследовательские организации, а также ученые, среди которых В.Б. Белозеров, В.С. Бочкарев, Л.Г. Вакуленко, А.Э. Конторович, В.А. Конторович, А.Н. Лесной, А.Б. Сметанин, А.В.Шпильман, С.И. Харченко и др. [4, 6, 7, 8, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21]. Но, несмотря на огромный объем исследований многие вопросы геологического строения, остаются не до конца определенными.

Пласт Ю₁ сложен отложениями верхней васюганской подсвиты, которая сложена песчано-глинистыми породами, среди которых преобладают песчаники.

Песчаники светло-серые, серые, разномзернистые, преимущественно мелко-среднезернистые, средней крепости, с горизонтальной, пологоволнистой слоистостью, очень часто монолитные, с глинистым и карбонатным цементом. Кроме того, наблюдаются включения обуглившихся растительных остатков, а также редкие включения углистого детрита [4, 5, 6, 8, 12, 13, 14, 15, 17].

Алевриты от светло-серых до темно-серых, обогащены углисто-растительным детритом. Разномзернистые, крепкоцементированные, слюдистые, встречаются глинистые, слабоизвестковистые разности. Текстура пологоволнистая, линзовиднополосчатая, реже косослоистая с многочисленными намывами растительного детрита [4, 5, 8, 12, 14, 17, 18].

Аргиллиты от темно-серых до буровато-черных, алевритистые, слюдистые, крепкие. Слоистость горизонтальная, реже пологоволнистая за счет тонких прослоев песчаника, на поверхности излома отмечается растительный детрит и остатки обугленных стеблей растений. Встречаются линзы и вкрапления мелкозернистого пирита [4, 5, 6, 8, 12, 13, 14, 15, 17, 18].

В оксфордский век в различных частях Западно-Сибирского бассейна происходило различное осадконакопление. В это время обособляются следующие палеогеографические

области: относительно глубоководная часть шельфа, мелкая часть шельфа; прибрежная зона; заливы; лагуны с пониженной соленостью и прибрежная равнина, временами заливавшаяся морем; денудационно-аккумулятивная; возвышенная денудационная равнины; плато и нагорья (рис.5) [4, 5, 12, 17, 19, 22].

Климат в оксфордское время был жарким и сухим на юге и более влажным и относительно прохладным на севере [22].

Основными источниками сноса на северо-востоке являлись Средне-Сибирская возвышенность, на юго-востоке – Енисейский кряж и Алтай, на западе – Северо-Сосьвинская гряда, Туринский выступ и Пайхой, второстепенными источниками выступали Таймыр, Саяны, Северный Казахстан, Тургай [22].

Пласт ЮВ₁ Ватъеганского месторождения формировался в условиях мелководно-морского бассейна в оксфордское время (рис.6). Наибольшую территорию занимали глинисто-песчаные отложения. Осадки содержат редкие тонкостенные раковины двустворок. Участки с повышенным содержанием песчаного и алевритового материала (60 – 80% и выше) приурочены к локальным поднятиям и валам. Эти породы отнесены к баровым аккумулятивным образованиям. В это время большого разнообразия достигают литуолиды и трохаминиды, присутствуют грубозернистые плоские аммоднекусы и масса прикрепленного донного бентоса – толипамин [22].

На территории Ватъеганского месторождения пласт ЮВ₁ подразделяется на 2 самостоятельных пласта – ЮВ₁¹ и ЮВ₁², из которых наиболее перспективным является пласт ЮВ₁¹ [23].

Кровля верхнего пласта ЮВ₁¹ совпадает с резкой литологической границей: серые песчано-алевритовые породы сменяются вверх по разрезу зеленовато-серыми глауконитовыми глинисто-алевритовыми породами георгиевской свиты [5, 12].

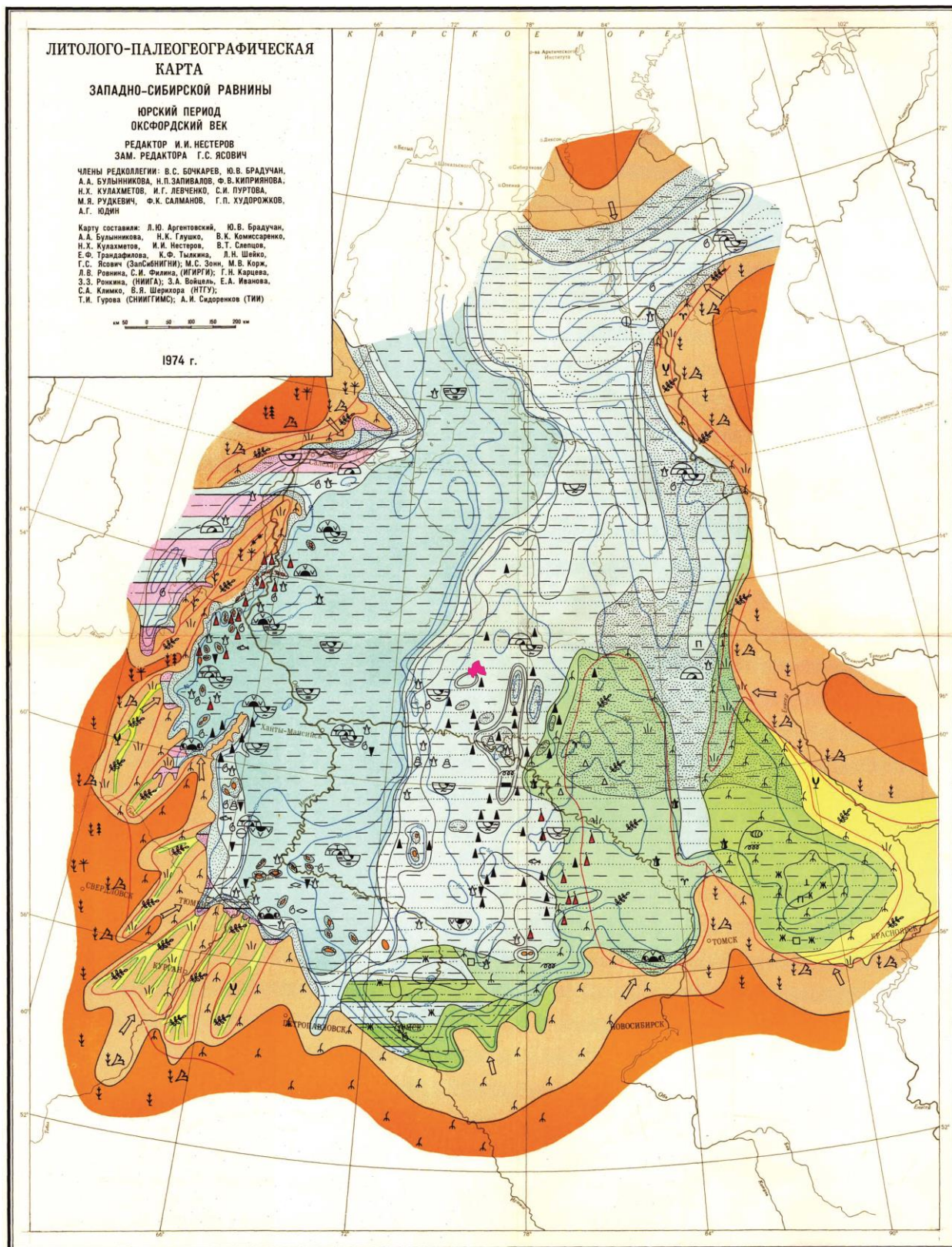


Рисунок 5 Литолого-палеогеографическая карта Западно-Сибирской равнины, юрский период, оксфордский век [22].

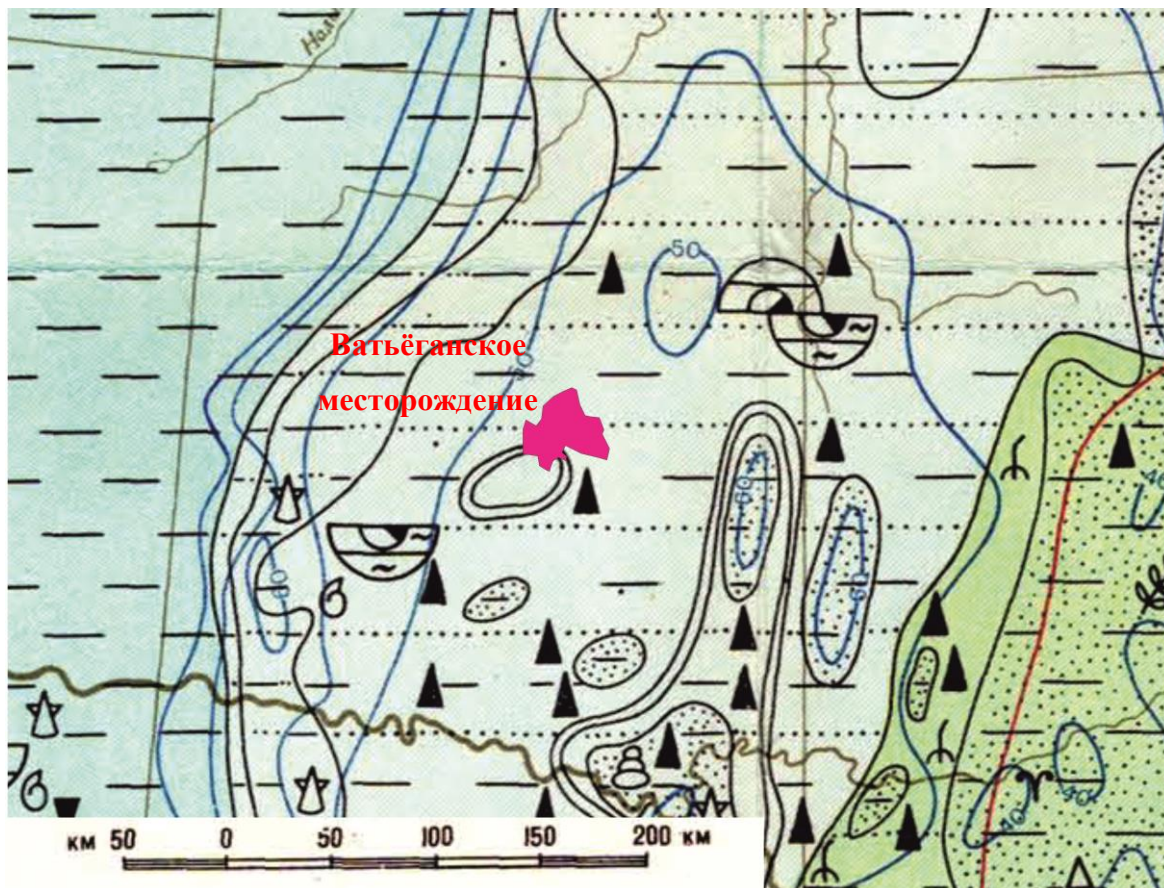
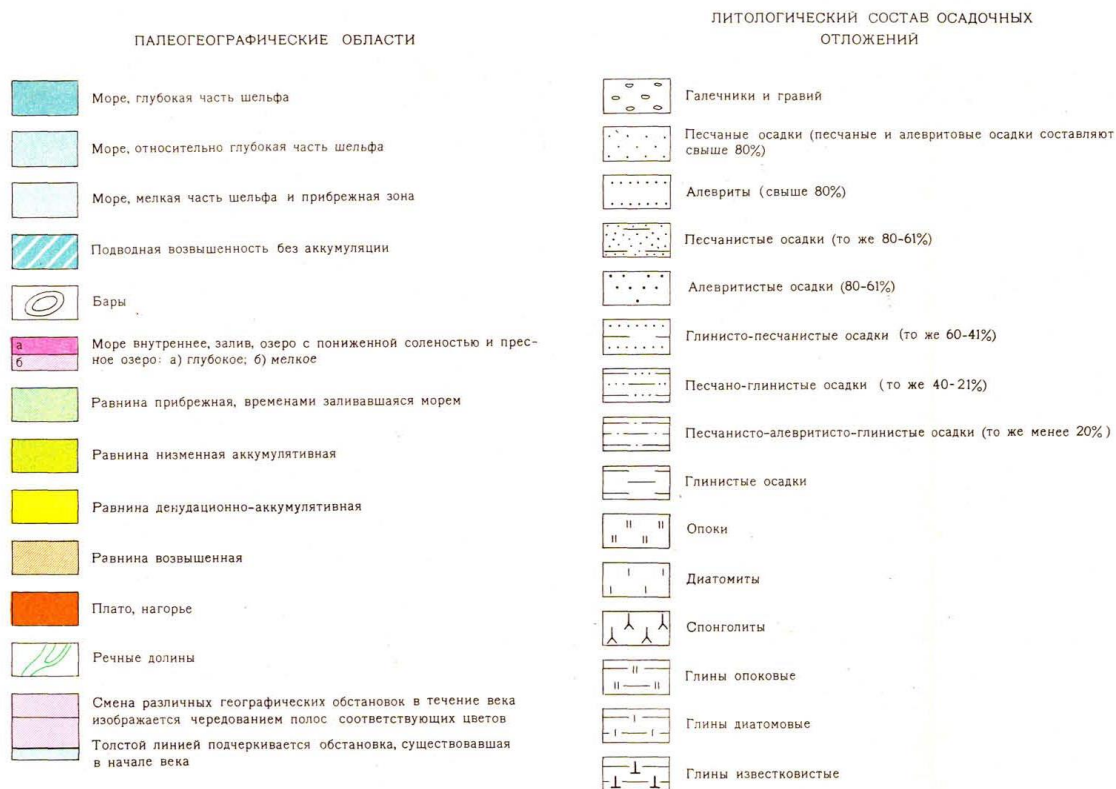


Рисунок 6 Вырезка из литолого-палеогеографической карты Западно-Сибирской равнины с обозначением площади Ватъеганского месторождения, юрский период, оксфордский век [22]



Условные обозначения к рисункам 4 и 5 [22]

1.5.1 Пласт ЮВ₁¹

Залегают непосредственно под пачкой глин георгиевской свиты (рис.7). Коллекторы представлены песчано-алевролитовыми породами с повышенной слюдистостью, пиритизацией и карбонатизацией. Наличие указанного материала дополнительно увеличивает неоднородность пласта, что в конечном итоге привело к неравномерному заполнению ловушек углеводородами на стадии формирования залежей. Отмеченное обстоятельство явилось одной из причин возникновения негоризонтального ВНК. Его наклон обычно возрастает с увеличением размеров залежей. В значительной степени на положение границы нефть-вода влияют довольно обширные зоны замещения коллекторов, создающие многочисленные экранные явления и препятствующие равномерному заполнению ловушек. Сочетание перечисленных факторов, характерных для рассматриваемого пласта, привело в ряде случаев к формированию залежей нефти с аномальным наклоном ВНК, достигающим 20 м и более. Кроме того, по залежам пласта истинные границы ВНК искажаются за счет неточностей при измерении инклинометрии. Всего в пласте ЮВ₁¹ выделено 10 залежей нефти [4, 5, 6, 8, 12, 13, 17].

1.5.2 Пласт ЮВ₁²

Залегают непосредственно под пластом ЮВ₁². Перемычкой для них служит небольшой прослой глинистых отложений толщиной 1–4 м (рис.7). В ее центральной части встречаются прослои алевролитов до 1 м толщиной, по своим характеристикам приближающиеся к коллекторам с ухудшенными фильтрационно-емкостными свойствами. Сам пласт ЮВ₁² характеризуется повышенной неоднородностью. Установлены значительные зоны замещения коллекторов глинистыми породами. Всего в пласте выявлено 13 залежей нефти. В своем распространении они тяготеют к южной половине поднятия [4, 5, 6, 8, 12, 13, 17].

Стратиграфические подразделения		Пласт	Литология	Толщина, м	Литологическая характеристика
Название	Индекс				
Георгиевская свита (ким-меридж)	J_3^{km}			2-10	Аргиллиты темно-серые, крепкие. Местами встречаются прослои песчаника желтоватого оттенка. Генезис – морской.
Васюганская свита (ким-меридж)	J_3^{k-0}	ЮВ1-1		60-100	Песчаники и алевролиты серые, мелкозернистые, глинистые, слюдистые, плотные, с растительными остатками. Генезис – морской и прибрежно-морской.
		ЮВ1-2			Песчаники и алевролиты серые, мелкозернистые, глинистые, слюдистые, плотные, с растительными остатками. Генезис – морской и прибрежно-морской.
					Аргиллиты темно-серые с редкими прослоями песчаников и алевролитов.
Тюменская свита (нижняя + средняя юра)	J_{1-2}			310-340	Песчаники и алевролиты мелко- и тонкозернистые, кварцевые, слюдистые, плотные, сильно глинистые, с растительным детритом и углистыми включениями. Аргиллиты плотные, с прослоями алевролитов. Генезис – континентальный.



Рисунок 7 Литологическая колонка по пластам ЮВ₁¹ и ЮВ₁², а также выше и ниже залегающих пластов

1 – аргиллиты, 2 – алевролиты, 3 – песчаники, 4 – углистые включения

1.6 Нефтегазоносность пласта ЮВ₁

Пласт ЮВ₁ представлен коллекторами преимущественно порового типа, по составу буровато-серыми и светло-серыми песчаниками мелкозернистыми и средне-мелкозернистыми, реже алевролитами, часто с запахом нефти [18].

Текстура пологоволнистая, горизонтально-слоистая за счет намывов углистого растительного детрита. Участками отмечаются конкреции пирита, ходы илоедов [18].

По вещественному составу коллекторы пласта преимущественно граувакково-аркозовые (по классификации В.Д. Шутова). Содержание кварца в породах изменяется в пределах 26-49%, полевых шпатов 30-52%, обломков горных пород от 9 до 24%, слюды от 1 до 3%. Цемент пленочно-поровый, участками кварцево-регенерационно-конформный. Поровый цемент по составу глинистый, реже карбонатно-глинистый [18].

Коллекторы сложены гидрофильными породами с низкими коллекторскими свойствами (IV-V класс коллекторов по А.А. Ханину) и высокой остаточной водонасыщенностью (до 61,37%) [18].

Также они характеризуются низкими фильтрационно-емкостными свойствами (таблица 2).

Таблица 2

Объем определений и изменчивость коллекторских свойств пласта ЮВ₁ [18]

	Пористость, %	Проницаемость *10 ⁻³ мк м ²	Объемная плотность, г/см ³	Остаточная водонасыщенность, %
	минимальное – максимальное			
	среднее значение параметра (количество определений)			
Вся совокупность определений	$\frac{2,0 - 18,4}{11,8 (238)}$	$\frac{0,01 - 28,00}{1,98 (233)}$	$\frac{2,17 - 2,71}{2,36 (238)}$	$\frac{26,9 - 99,1}{64,8 (228)}$
Только коллекторы	$\frac{13,6 - 18,4}{15,7 (67)}$	$\frac{0,60 - 28,00}{6,17 (67)}$	$\frac{2,17 - 2,40}{2,25 (67)}$	$\frac{26,9 - 61,37}{41,34 (67)}$

Залежи Ватъеганского месторождения преимущественно структурного, структурно-литологического и тектонически-экранированного типа [9].

Если ранее залежь пласта ЮВ₁ представлялась в пределах участка как единая структура второго порядка, то по результатам бурения скважин она представляется в настоящее время разбитой на отдельные локальные куполовидные поднятия. В результате опытно-промышленных работ были установлены малые нерентабельные притоки нефти из скважин и запасы нефти по ЮВ₁ были практически полностью выведены за баланс [5]

Запасы углеводородного сырья по Ватъеганскому месторождению в ГКЗ СССР и РФ представлялись дважды: в 1986 г. и 2001 г. (протокол ГКЗ № 669 от 01.08.2001 г.). В оперативном порядке после 2001 г. запасы уточнялись практически ежегодно (таблица 3) [12].

Таблица 3

Оценка запасов и увеличение запасов по объекту ЮВ₁ [12]

Пласт	Категория запасов	Площадь тыс.м ²		Нефтенасыщ. толщина м		Кп д.е	Кн д.е	Нач.запасы нефти тыс.т	
ЮВ ₁	ГКЗ 2001 Отчет 2014	2001 2014	Тыс.м2 %	2001 2014	М %	2001 2014	2001 2014	2001 2014	тыс.т %
ЮВ ₁ ¹	BC1+C2	362829	402512	3,2	3,9	0,17-0,18	0,49-0,58	74396	238228
ЮВ ₁ ²	BC1+C2	765341	110,9	7,1	121,9	0,17	0,49	312624	320,2

2 ФАКТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В основу работы положены материалы, полученные во время производственной практики:

- карта фактов (Рисунок 8)
- фотографии керна 32 скважин, на основе которых составлено описание керна (суммарная мощность керна 254,7 м)
- фотографии керна в ультрафиолете 3 скважин
- результаты ФЕС пород по 33 скважинам
- результаты ГИС 33 скважин в формате las
- образцы пород пласта ЮВ₁ для шлифов 33 скважин
- описание шлифов по 33 скважинам

Для того чтобы достроить интервалы колонок, не выраженных керном, необходимо было воспользоваться данными ГИС каротажей. Известный интервал керна был сопоставлен с соответствующим ему промежутком по глубине интервалом ГИС каротажа, в нашем случае ГК и ПС каротажми. На основе этих сопоставлений достраивались недостающие участки колонок, зная, что максимальные значения радиоактивности по ГК имеют глины, а минимальные – песчаники. Максимумам ПС каротажа соответствуют песчаники, минимумам – глины.

Для обработки материалов применена методика структурно-генетического анализа осадочных формаций, [24]. Для этого выполнены следующие действия:

1. По данным ПС каротажа установлены типы слоев пласта ЮВ₁, реконструированы обстановки их формирования и сделаны выводы о трансгрессивном, трансгрессивно-регрессивном или регрессивном ходе процесса их накопления. Для этого в качестве основы использована структурно-генетическая типизация слоев эпиконтинентальных терригенных сероцветных формаций [24].
2. В разрезах выделены трансгрессивно-регрессивные последовательности слоев – циклотемы, которые являются случайными вертикальными сечениями трехмерных геологических тел – парагенераций, формирующихся в течение одного цикла подъема и падения относительного уровня моря. Разрезы скоррелированы, по кривым колебания уровня моря, построенным для каждой скважины (приложение 1-2).

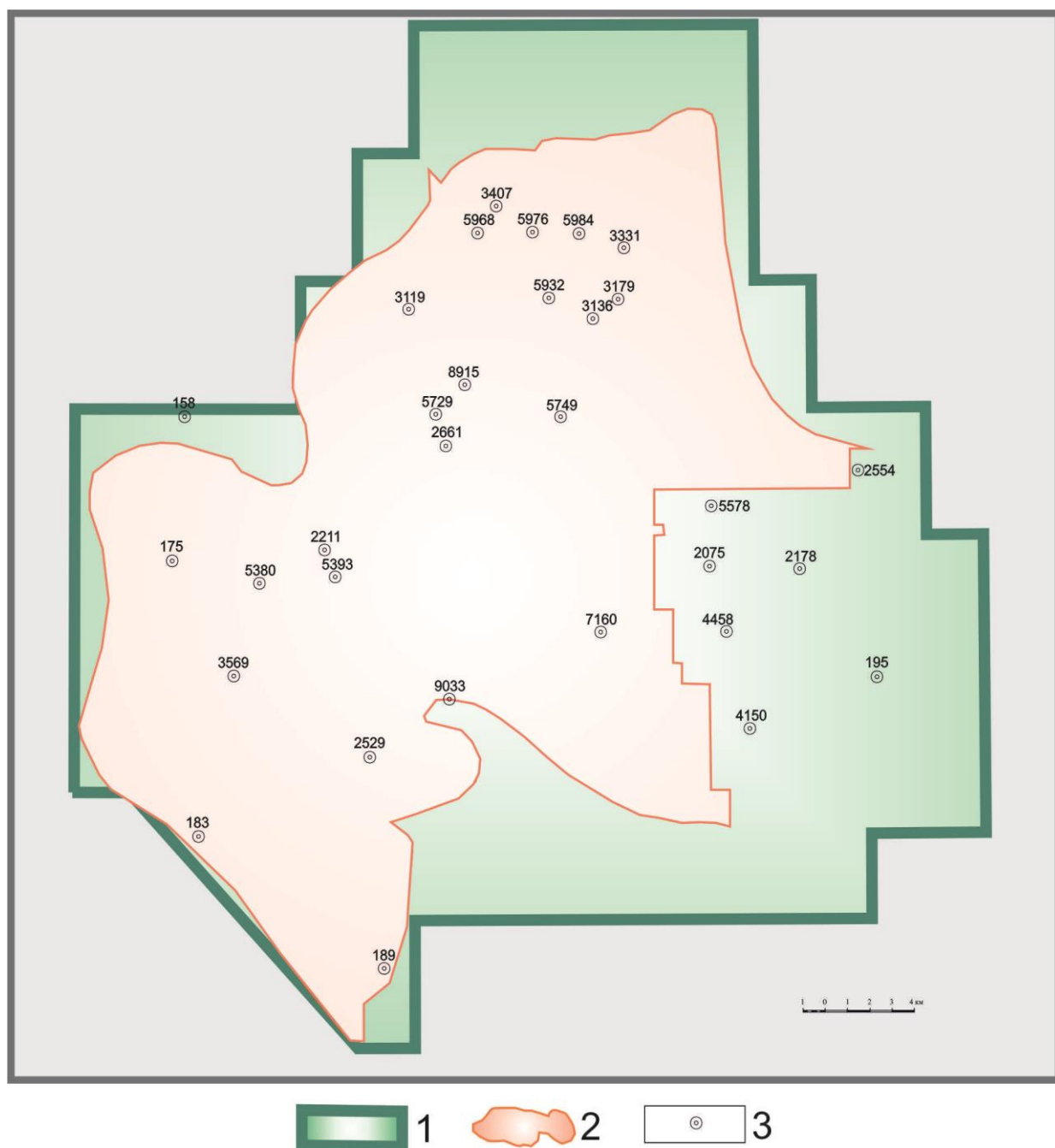


Рисунок 8 Карта фактов Ватьеганского месторождения
(ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «КогалымНИПИнефть»)

1 – граница лицензионного участка, 2 – граница месторождения, 3 - скважины

3. Анализ слоевой структуры установленных циклотом позволил составить идеальную (содержащую все слои) циклотему, затем, разработать седиментологическую модель ее формирования и создать обобщенные структурно-генетические профили парагенераций, образующих пласт ЮВ₁ верхней части васюганской свиты Ватьеганского месторождения для выявления особенностей изменения морфологии и мощности песчаных тел.

4. Построение схем изопакит для песчаных тел продуктивного пласта ЮВ₁, позволило оценить особенности их формы и ориентировку в пространстве.
5. Составлена серия палеогеографических схем для узких временных интервалов, соответствующих 5 регрессивным максимумам времени формирования пласта ЮВ₁ и 5 трансгрессивных максимумов.
6. Составлена серия схем эффективной пористости и проницаемости песчаных тел, соответствующие 5 трансгрессивным и 5 регрессивным максимумам времени формирования пласта ЮВ₁¹ Ватъеганского месторождения.

3 РЕЗУЛЬТАТЫ

3.1 Структурно-генетические типы слоев

3.1.1 Слои открытого глубоководного шельфа (X)

Тип ХА (Рис. 9). Слои образованы темно-серым аргиллитом с довольно отчетливой горизонтальной слойчатостью, которая может намечаться тонкими слойками алевролита серого. Подошва и кровля слоя могут быть осложнены текстурами биотурбации. По всему слою часто встречается тонкая вкрапленность сульфидов.

Формирование слоя происходило на участках открытого шельфа расположенных глубже базы воздействия волн (зона X –в пределах нее седиментация происходит ниже базы волнений. Здесь доминируют процессы осаждения из взвеси тонких частиц, а более крупные фрагменты перемещаются либо мутьевыми потоками, либо придонными течениями) в результате трансгрессивно-регрессивных процессов осадконакопления. Вначале, при постепенном снижении динамики среды увеличивалась доля пелитового материала, что соответствует началу трансгрессии моря, в момент времени, соответствующего максимуму трансгрессии, образовался наибольший интервал, полностью состоящий из глинистого алевролита, далее, при повышении динамики среды, доля пелитового материала уменьшается, что соответствует регрессии моря.



Рисунок 9 Слои типа ХА темно-серые глинистые аргиллиты с отчетливой горизонтальной слойчатостью (скважина 4150)

3.1.2 Слои открытого мелководного шельфа (Y)

Тип YB-I (Рис. 11). Тонкое линзовидно-полосчатое чередование алевролитов от мелко до крупнозернистых глинистых темно серых (их доля уменьшается к кровле) и песчаников светло-серых тонко-мелко-зернистых (доминируют) с волнистой слойчатостью, намечаемой тонкими глинистыми намывами. Преобладающий размер зерен 0,01 – 0,10 мм. Зерна изометричные, реже угловатые (рис. 10). Сортировка средняя. Цемент карбонатный поровый. Встречаются крупные удлиненные формы растительного детрита.

Здесь может присутствовать мелкая единичная галька глинисто-алевритовых пород. В пределах слоя снизу вверх наблюдается постепенное увеличение мощности песчаников. Часто слои осложнены текстурами биотурбации осадка, содержат ходы илloedов, обугленные остатки растительности и включения пирита. Коэффициент эффективной пористости находится в интервале от 0,16 – 5,5%, коэффициент проницаемости от $0,01 \cdot 10^{-3} \text{ мкм}^2$ до $0,95 \cdot 10^{-3} \text{ мкм}^2$. $K_{п.эф.ср} = 1,6\%$, $K_{пр.ср} = 0,14 \cdot 10^{-3} \text{ мкм}^2$.

Накопление слоя происходило в пределах открытого шельфа в зоне воздействия волнений (зона Y). Под действием волнений происходила сортировка вещества. При этом возникала серия небольших подводных песчаных валов, между которыми располагались заиливающиеся впадины (зона «лоскутных песков»). Увеличение динамики среды приводило к общему увеличению доли песчаной составляющей к верху слоя что соответствует развитию регрессии.

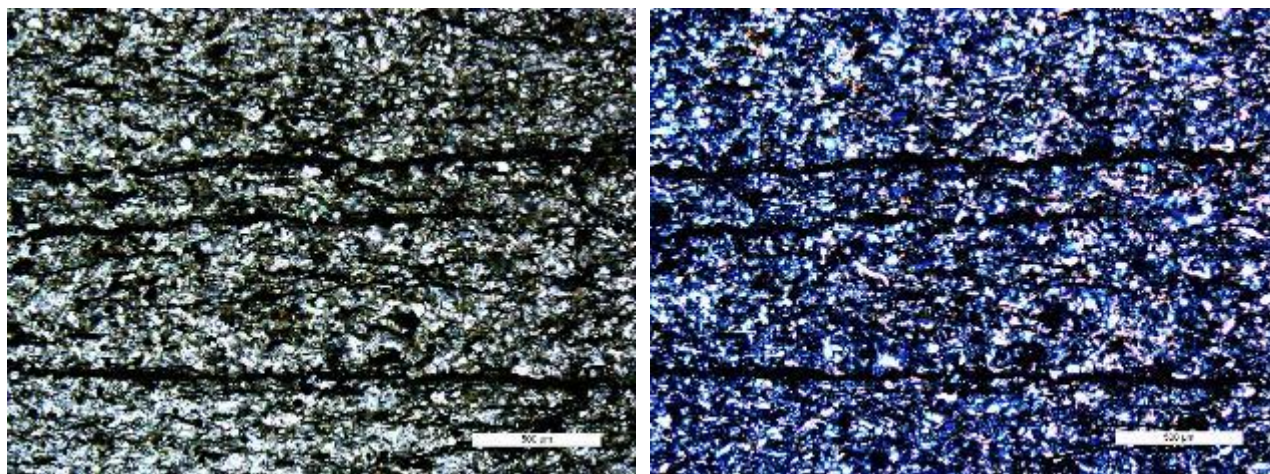


Рисунок 10 Алевролиты слоя типа YB-I. Слева шлиф без анализатора, справа - с анализатором (скважина 5729)

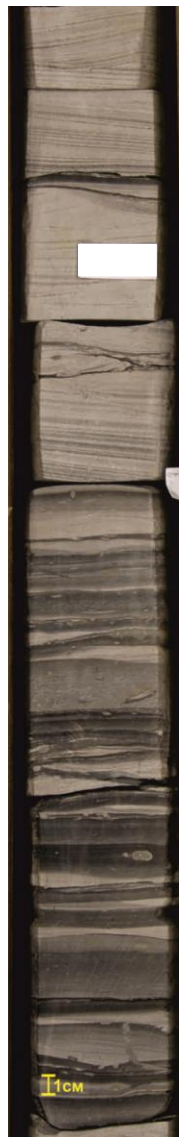


Рисунок 11 Слой типа УВ-I. Отчетливое линзовидно-полосчатое чередование алевролитов темно-серых (доминируют внизу) и песчаников тонко-мелкозернистых светло-серых (их количество увеличивается к кровле слоя). В нижней части слоя видны ходы илоедов (Скважина 5968)

Тип УВ-II (Рис. 12). Тонкое линзовидно-полосчатое чередование песчаников светло-серых тонко-мелко зернистых (доминируют) и алевролитов глинистых темно-серых (их доля увеличивается кверху), преобладающий размер частиц 0,01 – 0,09 мм. Зерна изометричные. Сортировка хорошая. Цемент поровый, слюдисто-карбонатный. Встречаются крупные удлиненные формы растительного детрита (рис.13). Прослеживается общее увеличение размера частиц от подошвы к кровле. Снизу вверх наблюдается постепенное увеличение мощности псаммитовой части. Присутствуют ходы илоедов и обугленные растительные остатки. Подошва слоя пологоволнистая. Коэффициент эффективной пористости находится в

интервале от 0,20 – 4,9%, коэффициент проницаемости от $0,01 \cdot 10^{-3} \text{ мкм}^2$ до $0,96 \cdot 10^{-3} \text{ мкм}^2$.
Кп.эф.ср=1,6%., Кпр.ср= $0,18 \cdot 10^{-3} \text{ мкм}^2$.

Очевидно, формирование слоя происходило в пределах открытого шельфа в зоне воздействия волнений (зона У). Уменьшение доли псаммитовой составляющей к верху слоя указывает на увеличение глубины акватории при развитии трансгрессии.



Рисунок 12 Слои типа УВ-II. Тонкое линзовидно-полосчатое чередование алевролитов глинистых темно-серых и песчаников тонко-мелко-зернистых светло-серых (их доля уменьшается кверху). В алевролитах отчетливо видны ходы илоедов. (скважина 5749)

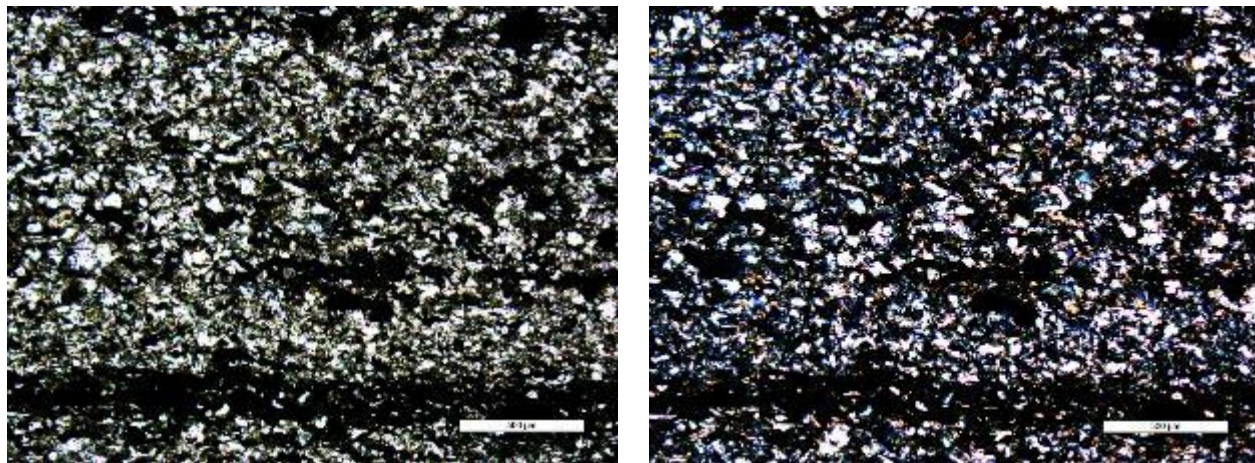


Рисунок 13 Алевролиты слоя типа УВ-II. Слева шлиф без анализатора, справа – с анализатором (скважина 2072)

Тип УВ-III (Рис.14). Тонкое линзовидно-полосчатое чередование песчаников мелкозернистых светло-серых (несколько преобладают) и алевролитов глинистых темно-серых (их доля сокращается кверху). Встречаются ходы илоедов. Отчетливый пологоволнистый контакт. У подошвы и у кровли часто проявлены текстуры оползания и подворота слойков (Рис.15). Коэффициент эффективной пористости находится в интервале от 1,20 – 1,6%, коэффициент проницаемости от $0,05 \cdot 10^{-3} \text{ мкм}^2$ до $0,09 \cdot 10^{-3} \text{ мкм}^2$. Кп.эф.ср=1,4%., Кпр.ср= $0,07 \cdot 10^{-3} \text{ мкм}^2$.

Формирование слоя происходило в пределах открытого шельфа в зоне ослабленного воздействия волнений (зона У). Высокая динамика среды с увеличением доли песчаного материала приводили к регрессии.



Рисунок 14 Слои типа YB-III. Тонкое линзовидно-полосчатое чередование алевролитов темно-серых и песчаников тонко-мелко-зернистых светло-серых. Нижний и верхний контакты отчетливые, пологоволнистые. По слою текстура взмучивания и подворота слойков. Многочисленные ходы илоедов. (Скважина 2554)



Рисунок 15 Слои типа УВ-III (текстура подворота слоев) (Скважина 3331)

Тип УС-II (рис.17). Песчаник тонко-мелко-зернистый светло серый, кварцевый, в основании взмученная текстура, возможны единичные гальки глинисто-алевритовых пород (рис.18). В средней части песчаник мелкозернистый, с волнистой слоистостью. Сортировка хорошая. Зерна изометричные. Цемент базальный, карбонатно-слюдистый, реже поровый (рис.16). Здесь встречаются разнонаправленные ходы илоедов, остатки разнообразной фауны. Мелкобугристая кровля, часто нарушенная биотурбациями. Коэффициент эффективной пористости находится в интервале от 2,7 – 5,9%, коэффициент проницаемости от $0,01 \cdot 10^{-3} \text{ мкм}^2$ до $0,40 \cdot 10^{-3} \text{ мкм}^2$. $K_{п.эф.ср}=2,9\%$, $K_{пр.ср}=0,17 \cdot 10^{-3} \text{ мкм}^2$.

Накопление слоя происходило на фоне повышения относительного уровня моря (трансгрессия) в зоне воздействия волнений (зона У). На начальных этапах, в умеренно и высокодинамичной среде, быстро накапливался материал, переносимый из зон заселенных морским бентосом. Затем, по мере увеличения глубины скорость седиментации снижалась, так же снижалась и динамика среды, что приводило к трансгрессии.

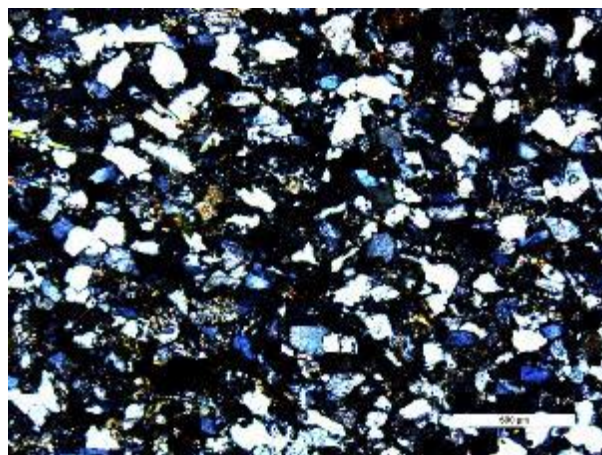
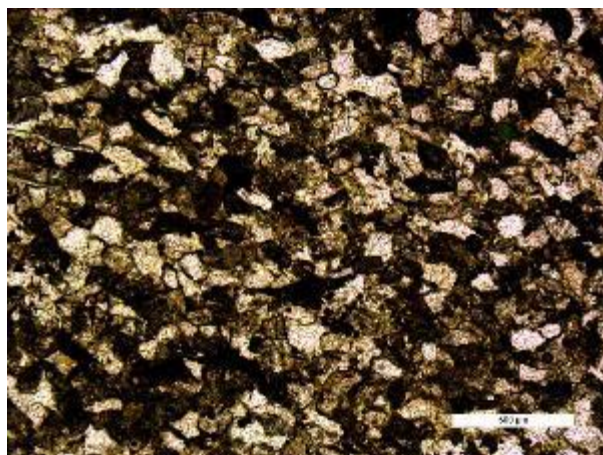


Рисунок 16 Кварцевый песчаник слоя типа УС-II. Слева шлиф без анализатора, справа – с анализатором (скважина 5729)



Рисунок 17 Слои типа УС-II песчаник тонко-мелко-зернистый с отчетливой волнистой слойчатостью, по слою единичные гальки глинисто-алевритовых пород. В кровле разнонаправленные ходы илоедов. (скважина 3569)



Рисунок 18 Слои типа YC-II (гальки глинисто-алевритовых пород) (скважина 3119)

Тип YC-III (рис.19). Песчаник тонко-мелко-зернистый, кварцевый, светло-серый с гранулометрическим максимумом в середине. Зерна угловатые, реже изометричные (рис.20а). Сортировка хорошая. Цемент слюдисто-карбонатный, поровый, реже базальный. В нижней части полого- и мелковолнистая слойчатость, намечаемая углисто-глинистыми намывами. Выше слойчатость становится косой разнонаправленной, намечаемой незначительным изменением гранулометрии. Часто присутствуют остатки наземной растительности (рис.20б) и разнообразная фауна (брахиоподы, пелециподы...) Нижний контакт пологоволнистый, верхний – бугристый. Коэффициент эффективной пористости находится в интервале от 0,2 – 12,5%, коэффициент проницаемости от $0,01 \cdot 10^{-3} \text{ мкм}^2$ до $46,53 \cdot 10^{-3} \text{ мкм}^2$. Кп.эф.ср=5,3%., Кпр.ср= $1,9 \cdot 10^{-3} \text{ мкм}^2$.

Формирование слоя происходило в мелководной части зоны Y. Материал, переносимый с побережья, перемещался и сортировался под действием волнений, образуя довольно крупные перемещающиеся аккумулятивные формы рельефа (подводные валы, косы). Повышение динамики среды приводило к развитию регрессии.



Рисунок 19 Слой типа УС-III песчаники тонко-мелко-зернистые с гранулометрическим максимумом в центре слоя. По слою не отчетливая волнистая слойчатость. Нижний контакт волнистый, верхний – бугристый (скважина 5380)

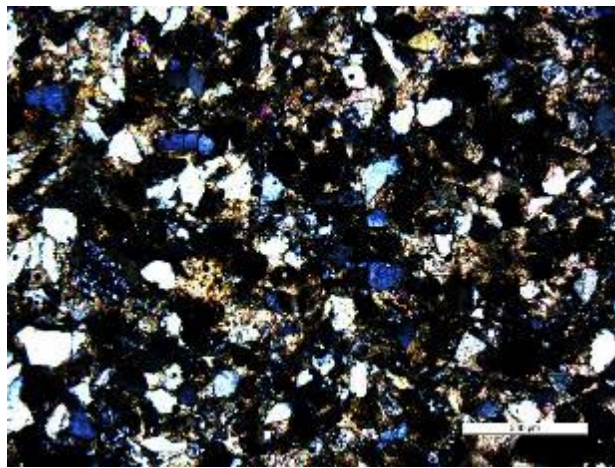
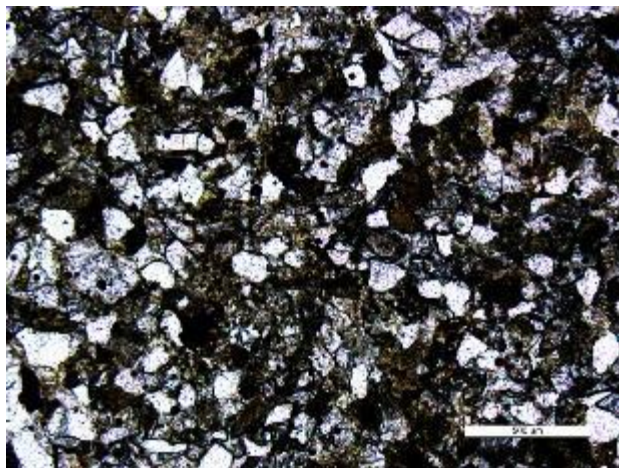


Рисунок 20а Кварцевый песчаник слоя типа YC-III. Слева шлиф без анализатора, справа – с анализатором (скважина 9033)

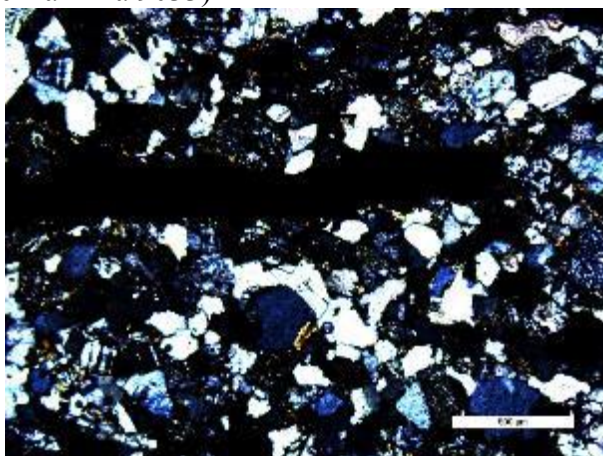
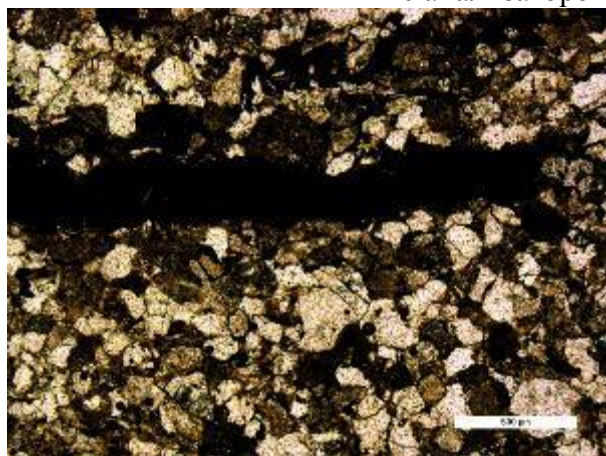


Рисунок 20б Кварцевый песчаник слоя типа YC-III. Наблюдается крупный вытянутый растительный остаток. Слева шлиф без анализатора, справа – с анализатором (скважина 5393)

Тип YC-IV (рис.21). Песчаник тонко- мелко-зернистый светло серый, в основании взмученная текстура или неотчетливая косая слойчатость, возможны единичные гальки глинисто-алевритовых пород. В прикровельной части песчаник тонко-мелкозернистый, с волнистой слойчатостью. Здесь встречаются разнонаправленные ходы илоедов, углисто-глинистые намывы, остатки стеблей и листьев растений. Коэффициент эффективной пористости находится в интервале от 0,4 – 2,5%, коэффициент проницаемости от $0,01 \cdot 10^{-3} \text{ мкм}^2$ до $0,11 \cdot 10^{-3} \text{ мкм}^2$. $K_{п.эф.ср} = 1,6\%$, $K_{пр.ср} = 0,04 \cdot 10^{-3} \text{ мкм}^2$.

Накопление слоя происходило на фоне понижения относительного уровня моря (регрессия) в зоне воздействия волнений (зона Y). По мере уменьшения глубины скорость седиментации увеличивалась, так же повышалась и динамика среды, что приводило к регрессии.



Рисунок 21 Слой типа УС-IV песчаник тонко-мелко-зернистый светло-серый с волнистой слойчатостью. В нижней части слоя гальки глинисто-алевритовых пород. Встречаются углистые намывы, а также обугленные остатки растений (Скважина 5380)

3.2 Циклотемы

Рассматриваемый стратиграфический интервал образуют пять трансгрессивно-регрессивных слоевые последовательности – циклотемы, мощностью от 1 до 20 метров. При корреляции частных разрезов в качестве репера принята подошва барабинской глинистой пачки, которая перекрывает пласт ЮВ₁ и уверенно выделяется по каротажу (резкий скачок ГК) (приложения 1-2).

В результате корреляции были установлены изохронные уровни, соответствующие трансгрессивным максимумам каждого цикла седиментации и определено, что продуктивный

пласт ЮВ₁ образуют 5 парагенераций – системы слоев, которые образуются в процессе заполнения осадкоемкого пространства, которое представляет собой разницу между поверхностью отрицательной формы рельефа и профилем равновесия. Это позволило составить наиболее полную (идеальную) циклотему, которая отражает все типы слоев, установленных в пласте ЮВ₁ (рис.22).

Такая циклотема могла формироваться в результате трансгрессивно-регрессивного функционирования седиментационной системы открытого побережья. Особенности подобных обстановок терригенного осадконакопления в современных мелководных морях и возможности их использования для реконструкции генезиса древних осадочных формаций подробно рассмотрены в работе [24].

Анализ слоевой структуры всех скважин позволил составить идеальную циклотему, в которой все установленные типы слоев пласта ЮВ₁ образуют единую трансгрессивно-регрессивную последовательность (рис.22).

Ее структурная формула:

УС-II → УВ-II → ХА → УВ-I → УС-III → УВ-III → УС-III → УВ-III

Формирование такой циклотемы, вероятно протекало таким образом:

В начале трансгрессии при перемыке отложений, образовавшихся на максимуме регрессии, на участках мелководного шельфа накапливался псаммитовый материал, образовывались слои типа УС-II. За счет дальнейшего увеличения глубины слой 1 сменяют сначала чередование алевролитов и песчаников, затем УВ-II пояса лоскутных песков, который занимал дистальную часть зоны У между базами штормовых и нормальных волн, а затем накапливались алевропелиты слоя ХА, которые осаждались из взвеси на участках шельфа, расположенных ниже базы волнений. В результате падения уровня моря алевропелиты (ХА) глубоководного шельфа сменяют чередования алевролитов и песчаников (слой УВ-I), а потом и песчаные отложения (слой УС-III), пояса подводных валов, который представлял собой отмель в пределах которой под действием постоянных волнений или приливно-отливных течений формировались системы подводных валов. На регрессивной фазе развития бассейна, при медленном перемещении подводного вала под действием умеренных волнений накапливались слои типа УС-III. Между песчаными валами, в их волновой тени, накапливались слои чередований песчаников и алевролитов межваловых депрессий (УВ-III).

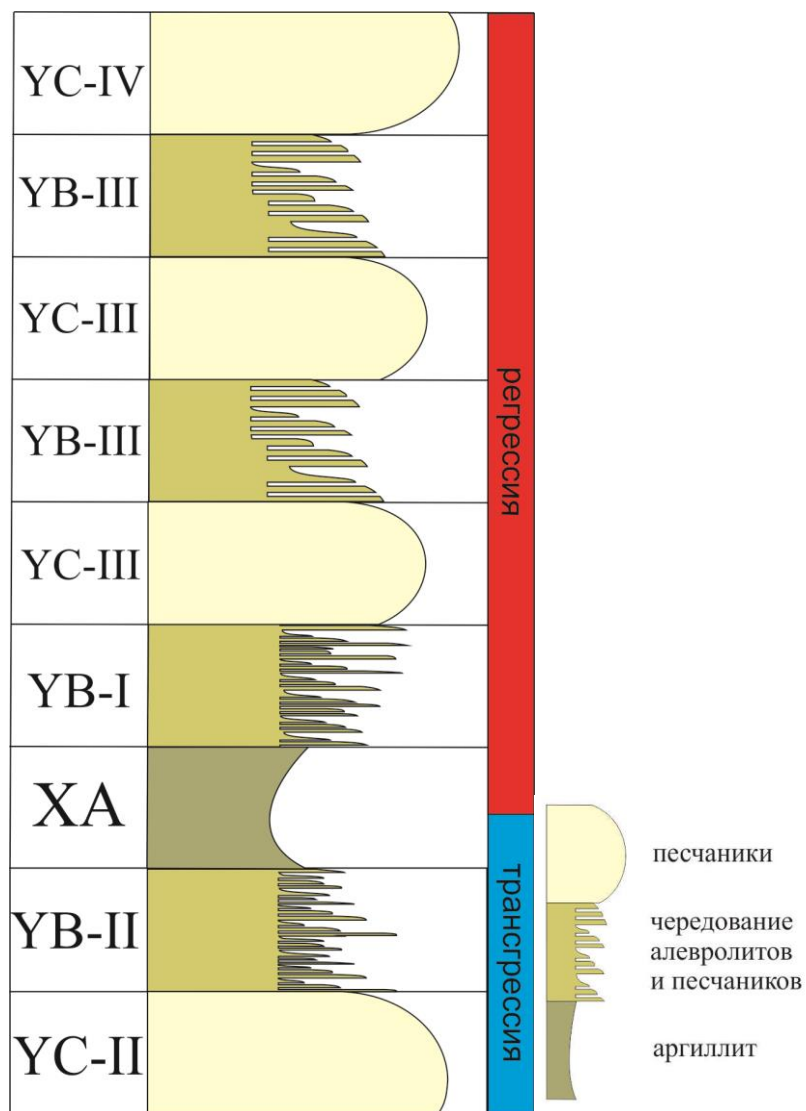
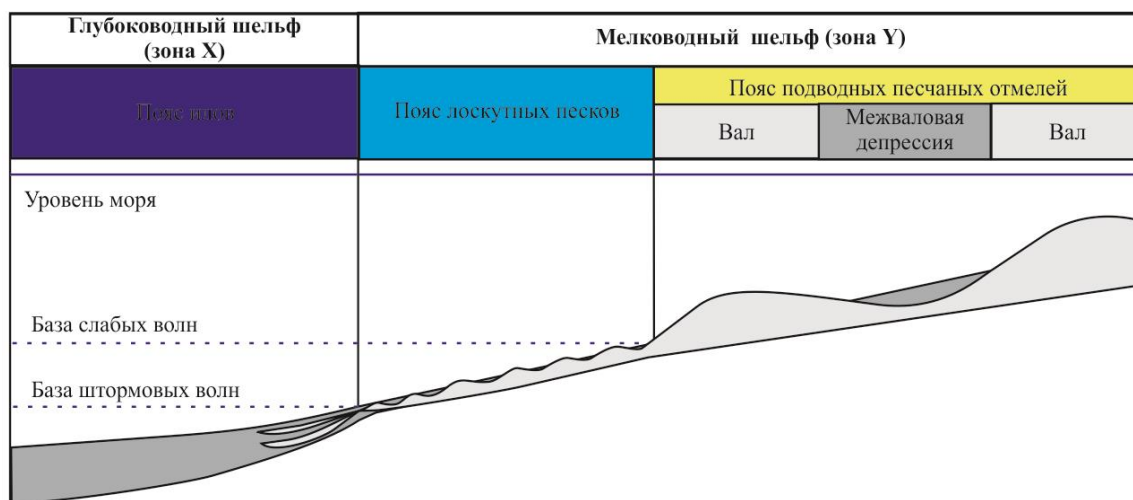


Рисунок 22 Идеальная (полная) циклотема интервала пласта ЮВ₁

В результате такого трансгрессивно-регрессивного цикла седиментации формировалось геологическое тело – парагенерация, особенности строения которой, в сечении перпендикулярном береговой линии, отражает седиментологическая модель, представленная на рисунке 23.



Регрессивный ряд слоев

XA	YB-I	YC-III	YB-III	YC-IV
----	------	--------	--------	-------

Трансгрессивный ряд слоев

XA	YB-II	YC-II
----	-------	-------

Рисунок 23 Седиментологическая модель формирования циклотем интервала пласта ЮВ₁

Она позволяет понять причины отклонений слоевой структуры наблюдаемых в разрезах Ватъеганского месторождения циклотем (случайных вертикальных сечений парагенераций) от идеальной последовательности, в связи с различиями протекания процесса слоеобразования в разных частях осадочного бассейна в течение одного трансгрессивно-регрессивного цикла.

3.3 Палеогеография

Для выявления закономерностей пространственно-временных взаимоотношений отложений разного генезиса построено 4 литолого-генетических профиля (рис.24).

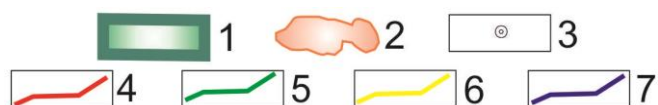
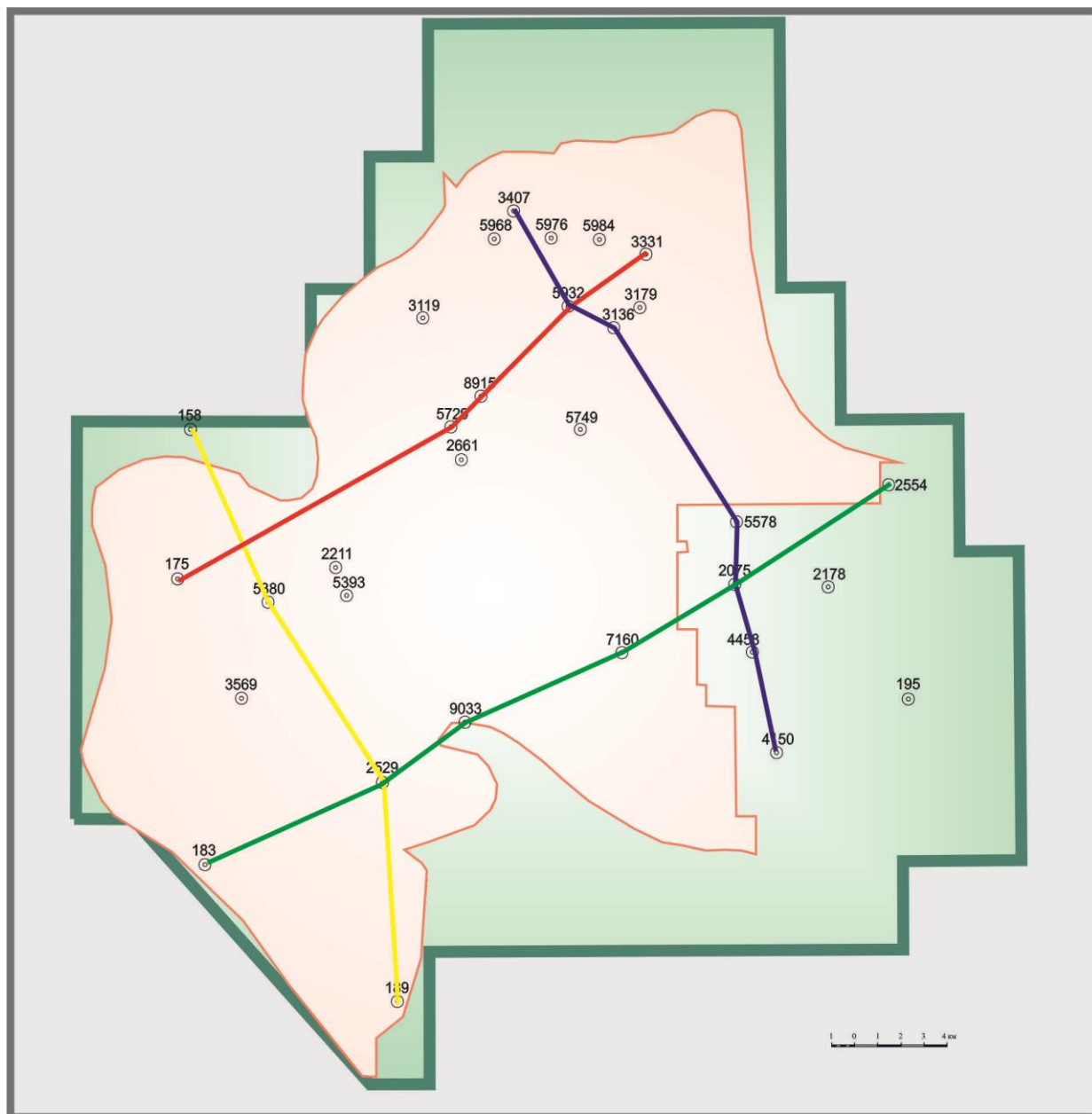


Рисунок 24 Расположение литолого-генетических профилей на карте месторождения

1 – граница лицензионного участка, 2 – граница месторождения, 3 – разведочные скважины, 4 – профиль №1, 5 – профиль №2, 6 – профиль №3, 7 – профиль №4

На профилях (рис.25-28), которые вместе по существу образуют литолого-генетическую 3D модель интервала продуктивного пласта ЮВ₁, видно, что рассматриваемый интервал разреза сформировался в результате пяти трансгрессивно-регрессивных циклов, которые образуют общую трансгрессивную последовательность. За первый трансгрессивно-регрессивный цикл сформировался пласт ЮВ₁², за последующие четыре цикла колебания уровня моря шло формирование пласта ЮВ₁¹.

Трансгрессивные фазы циклов маркирует сокращенное количество отложений песчаных отмелей, а местами и полное их отсутствие, широкое распространение чередования алевролитов и песчаников пояса лоскутных песков и алевропелитов глубоководного шельфа.

Формирование основной массы песчаных слоев происходило в течение регрессивных фаз седиментационных циклов. При этом возникали и эволюционировали песчаные отмели, состоящие из песчаных валов и заиливающихся межваловых депрессий. Стоит отметить, что весьма сложное строение продуктивных пластов ЮВ₁¹ и ЮВ₁² связано с существенными изменениями мощности песчаных слоев, их многочисленными латеральными замещениями чередованиями песчаника и алевролита межваловых депрессий и лоскутных песков.

С юга-востока на северо-запад побережье постепенно сменяется глубоководьем.

Из 1 и 2 литолого-генетических профилей (рис.25, 26), расположенных вдоль береговой линии видно, что слои довольно таки выдержаны по мощности, но существуют многочисленные латеральные замещения, характерные как для пласта ЮВ₁¹, так и для ЮВ₁² на Ватъеганском месторождении. Профиль 2 (рис.26), расположенный ближе к берегу имеет более мощные пачки песчаников, в профиле 1 (рис.25) же доминируют пелитовые и алевропелитовые слои.

Профили 3 и 4 (рис.27, 28) построены вкрест простираения береговой линии. По ним можно отметить для пласта ЮВ₁¹, что с северо-запада к юго-востоку (то есть в направлении к берегу) увеличиваются мощности песчаников, уменьшаются мощности алевропелитов, а аргиллиты исчезают вовсе. Так же присутствуют латеральные замещения. Что касается пласта ЮВ₁², то надо отметить, что такой яркой зависимости, как у пласта ЮВ₁¹, нет, мощности песчаников, относительно выдержаны, а из профиля 4 видно, как мощности песчаных отложений уменьшаются с северо-запада на юго-восток.

Кроме того, был произведен анализ распределения изменения мощности песчаных тел по всем скважинам в интервале пласта ЮВ₁. По этим данным построены схемы изопакит для песчаников. К примеру, в скважине № 5984 суммарная мощность песчаников достигает 3,4 м и напротив в скважине № 9033 их мощность составляет 24,1 м.

На схемах отчетливо выделяются вытянутые области повышенных мощностей песчаных тел, что подтверждает предположение о существовании во время формирования пласта ЮВ₁ системы песчаных отмелей. Их ориентировка намечается параллельно береговой линии. На схемах 2-7 (рис.29) видно, береговая линия простирается с юга-запада на северо-восток, вследствие этого и песчаные тела пластов вытянуты в этом же направлении (схемы 2, 4-10 (рис.29)). Обломочный материал, очевидно, перемещался с преимущественно с юга-востока на северо-запад.

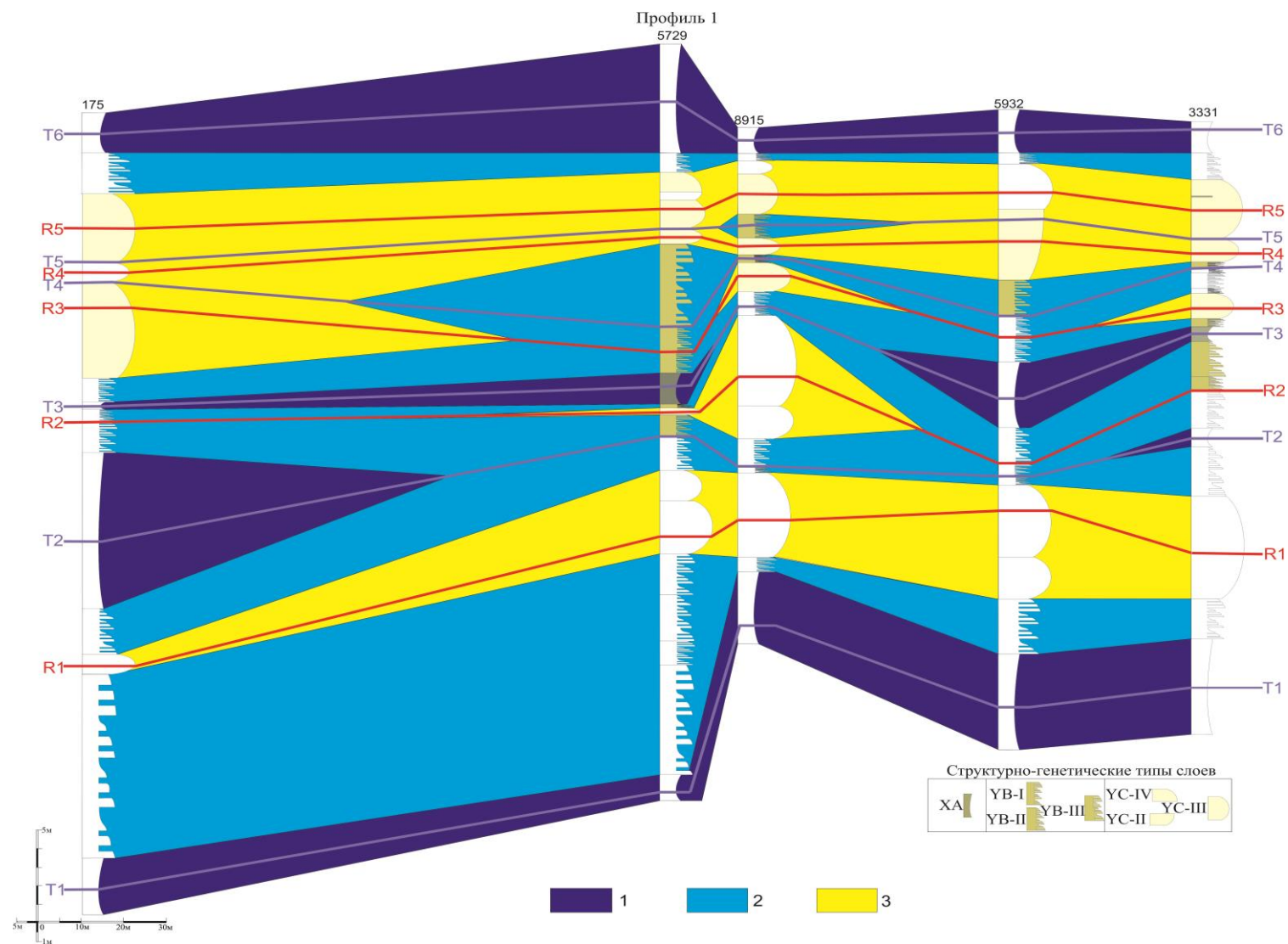


Рисунок 25 Литолого-генетический профиль 1, построенный вдоль береговой линии
 1 – аргиллиты и алевролиты пояса илов, 2 – чередование аргиллитов, алевролитов и песчаников пояса лоскутных песков, 3 – песчаники пояса подводных песчаных отмелей

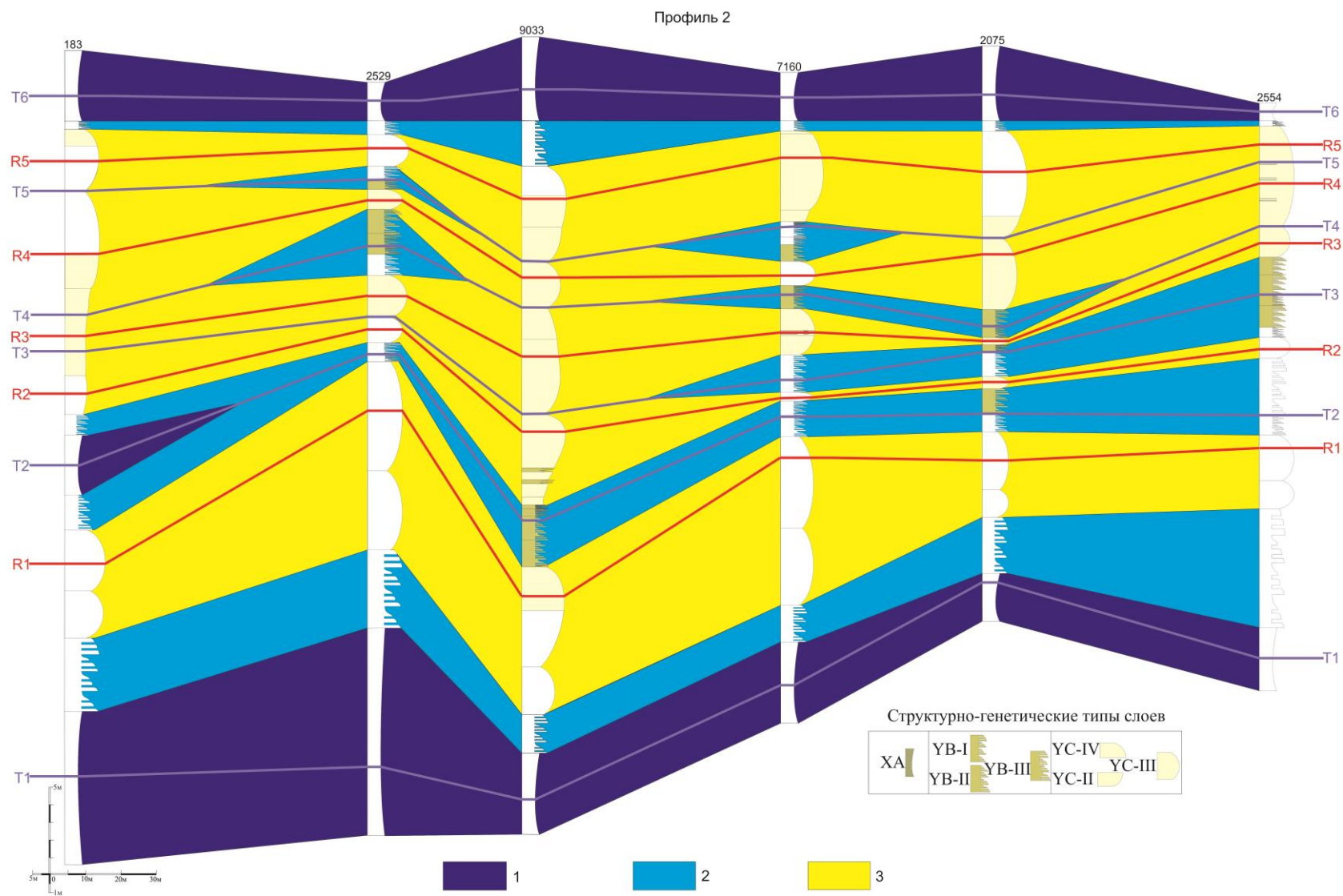


Рисунок 26 Литолого-генетический профиль 2, построенный вдоль береговой линии

Условные обозначения смотри на рисунке 21

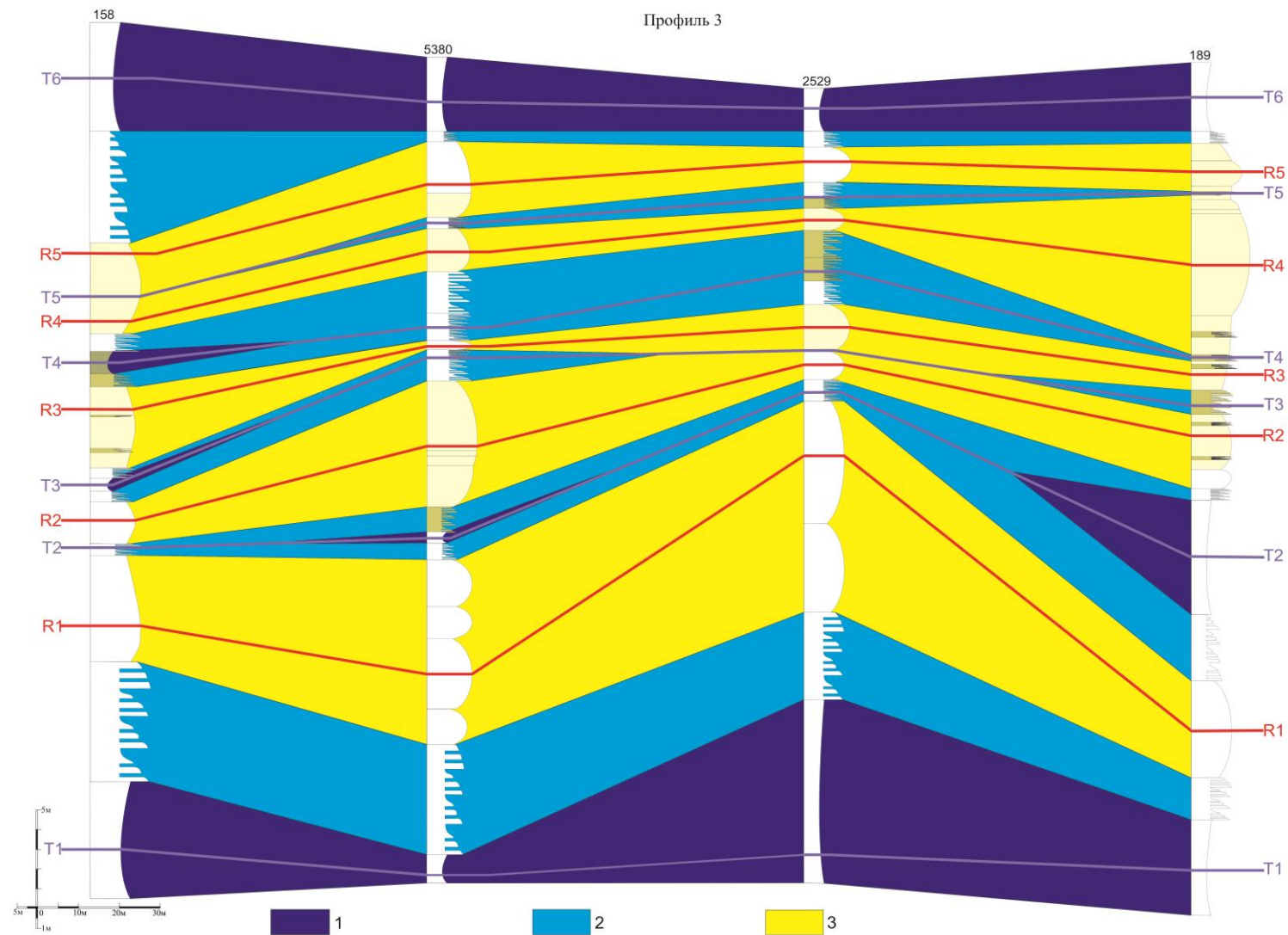


Рисунок 27 Литолого-генетический профиль 3, построенный перпендикулярно береговой линии

Условные обозначения смотри на рисунке 21

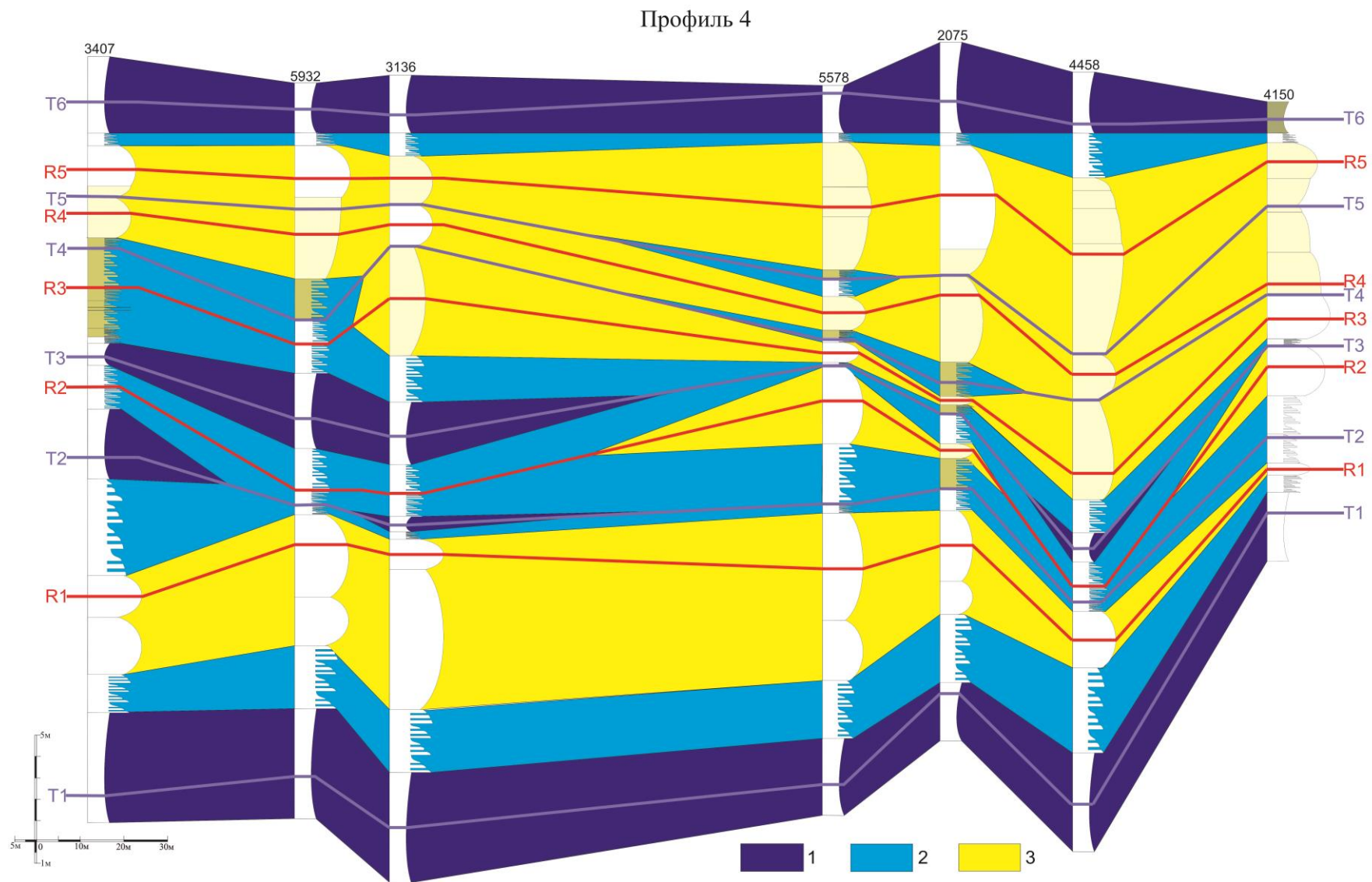


Рисунок 28 Литолого-генетический профиль 4, построенный перпендикулярно береговой линии
Условные обозначения смотри на рисунке 21

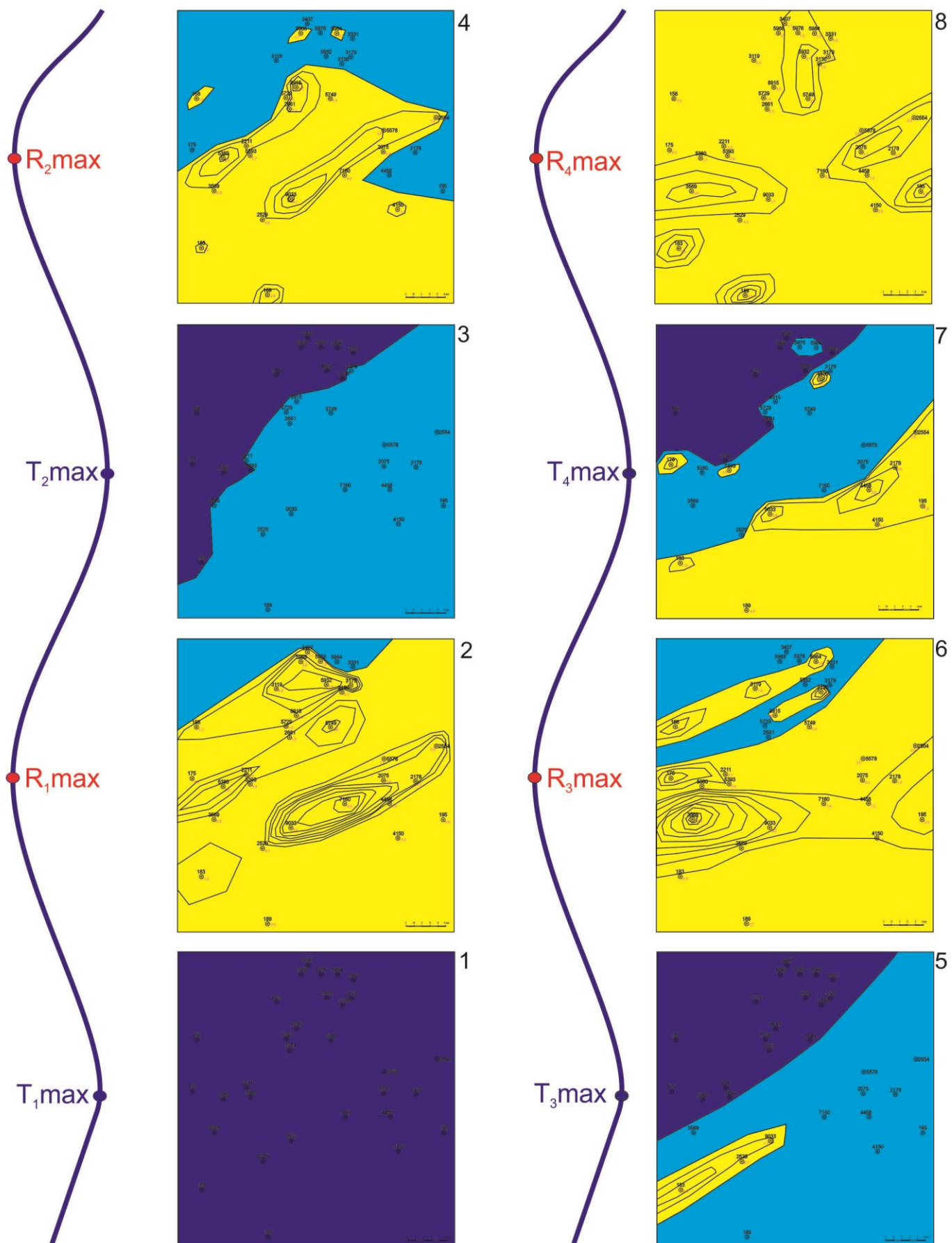


Рисунок 29 Палеогеографическая ситуация формирования пласта ЮВ1

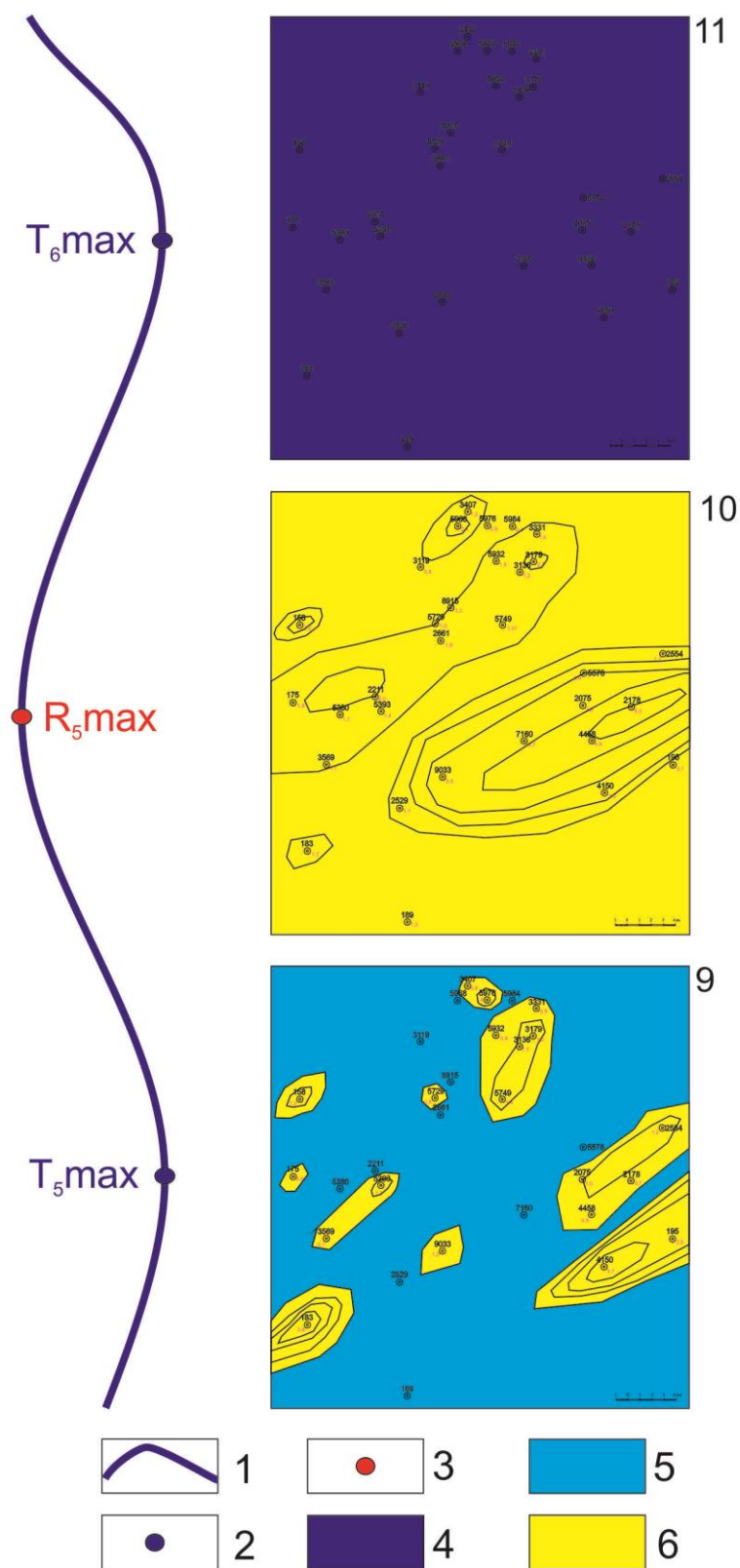


Рисунок 29 продолжение

1 - трансгрессивно-регрессивная кривая, 2 - максимум трансгрессии, 3 - максимум регрессии, 4 - зона глубоководного шельфа, 5 - пояс лоскутных песков, 6 - пояс подводных песчаных отмелей.

Из палеогеографических схем (рис.29), построенных для трансгрессивных и регрессивных максимумов, видно, что на протяжении всего времени формирования пласта происходила общая регрессия моря. На фоне общего уменьшения уровня моря на регрессивных максимумах формировались обширные песчаные отмели, которые от 1 к 5 циклу постепенно продвигались к северо-западу, тем самым увеличивая площадь распространения песчаников, на трансгрессивных максимумах еще лучше прослеживается общая регрессия моря: от 1 к 5 циклу можно заметить, что глубоководье постепенно сменяется мелководьем и даже появляются песчаные отмели. Однако стоит отметить, что в течении первого трансгрессивно-регрессивного цикла происходило формирование пласта ЮВ₁², а в течении последующих четырех циклов формировался пласт ЮВ₁¹.

В результате постоянного перемещения аккумулятивных песчаных форм под действием волнений в течение каждой фазы формировались тела, представляющие собой чередование многократно выклинивающихся песчаных слоев (отложения подводных валов) и линз чередований алевропелитов и псаммитов (отложения межваловых депрессий).

Помимо построения палеогеографических ситуаций со схемами изопахит для песчаников был произведен анализ их фильтрационно-емкостных свойств для пласта ЮВ₁¹. Для этого были построены схемы эффективной пористости и проницаемости (рис. 30-33). В процессе работы выявлена зависимость улучшения фильтрационно-емкостных свойств (эффективной пористости и проницаемости) от мощности песчаных пластов. Чем больше мощность песчаников, тем лучше их эффективная пористость и проницаемость, то есть лучше их коллекторские свойства. Хотя зависимость эта не жесткая (есть отклонения), однако по большей части она ясно выделяется.

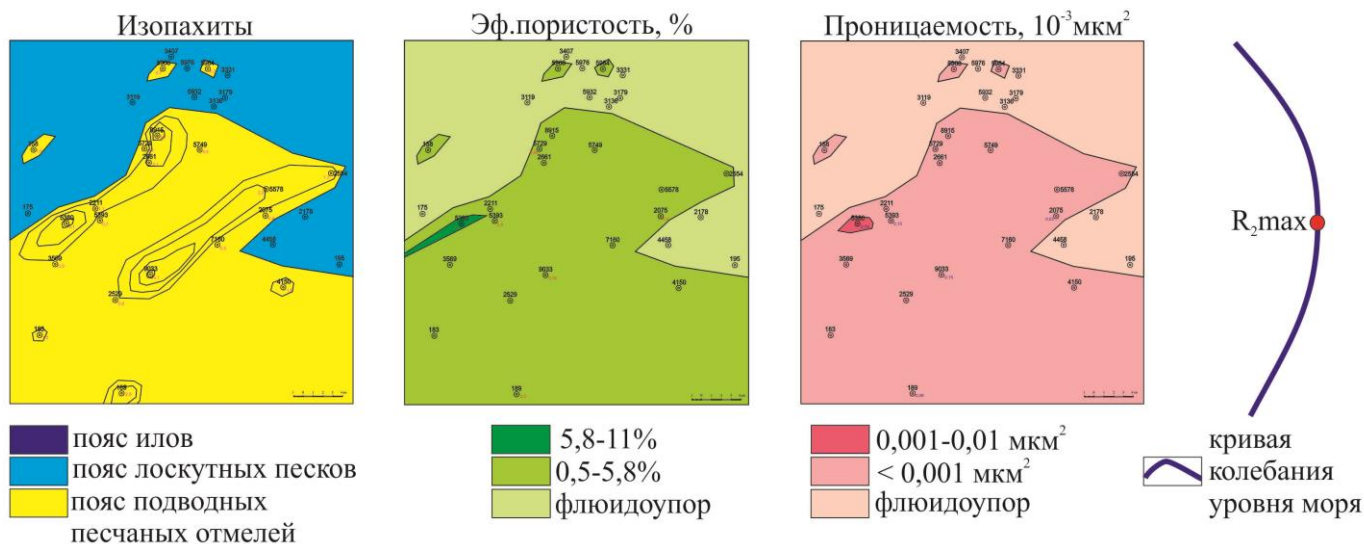


Рисунок 30 Схемы изопахит, эффективной пористости и проницаемости на R₂max

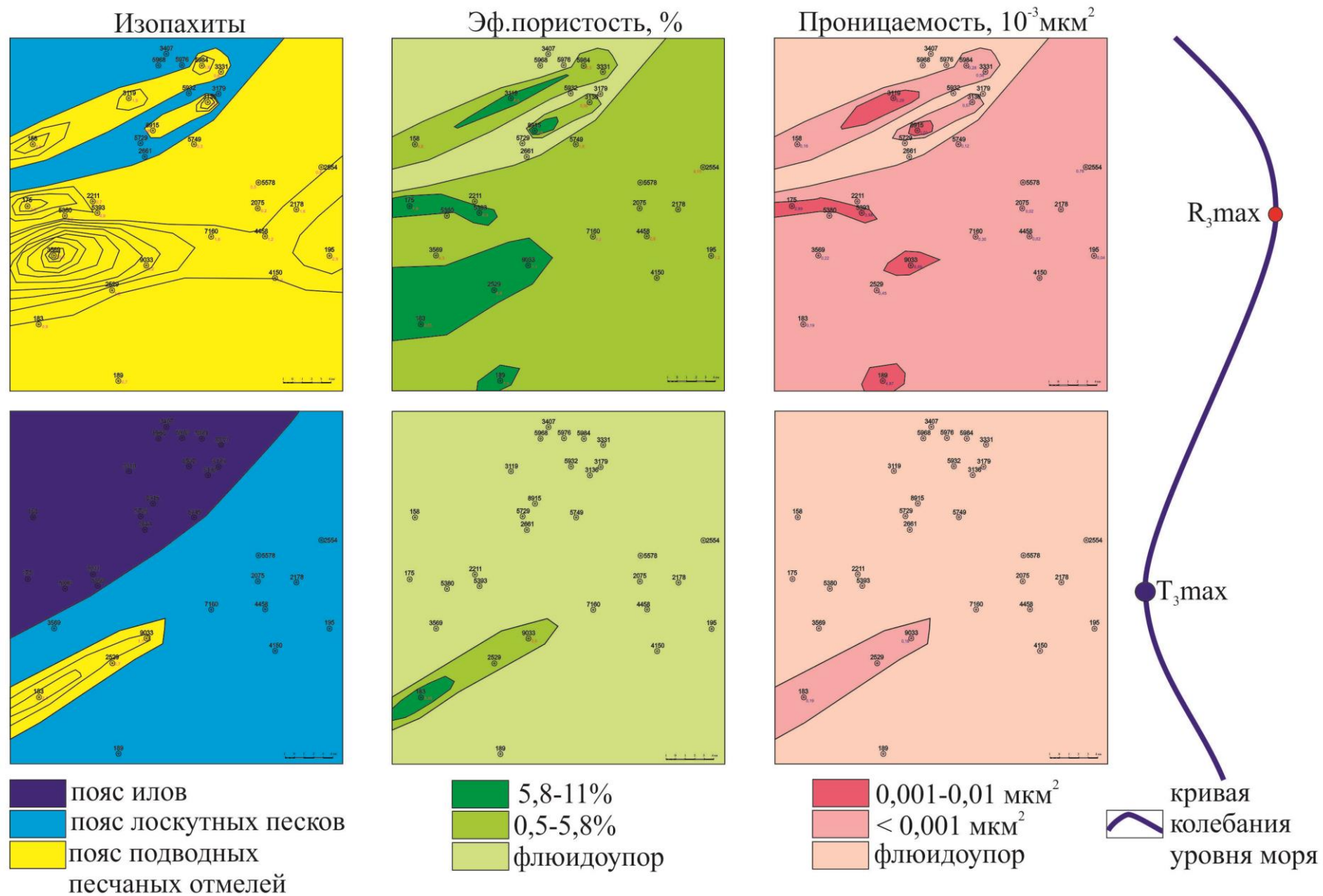


Рисунок 31 Схемы изопахит, эффективной пористости и проницаемости на T₃max и R₃max

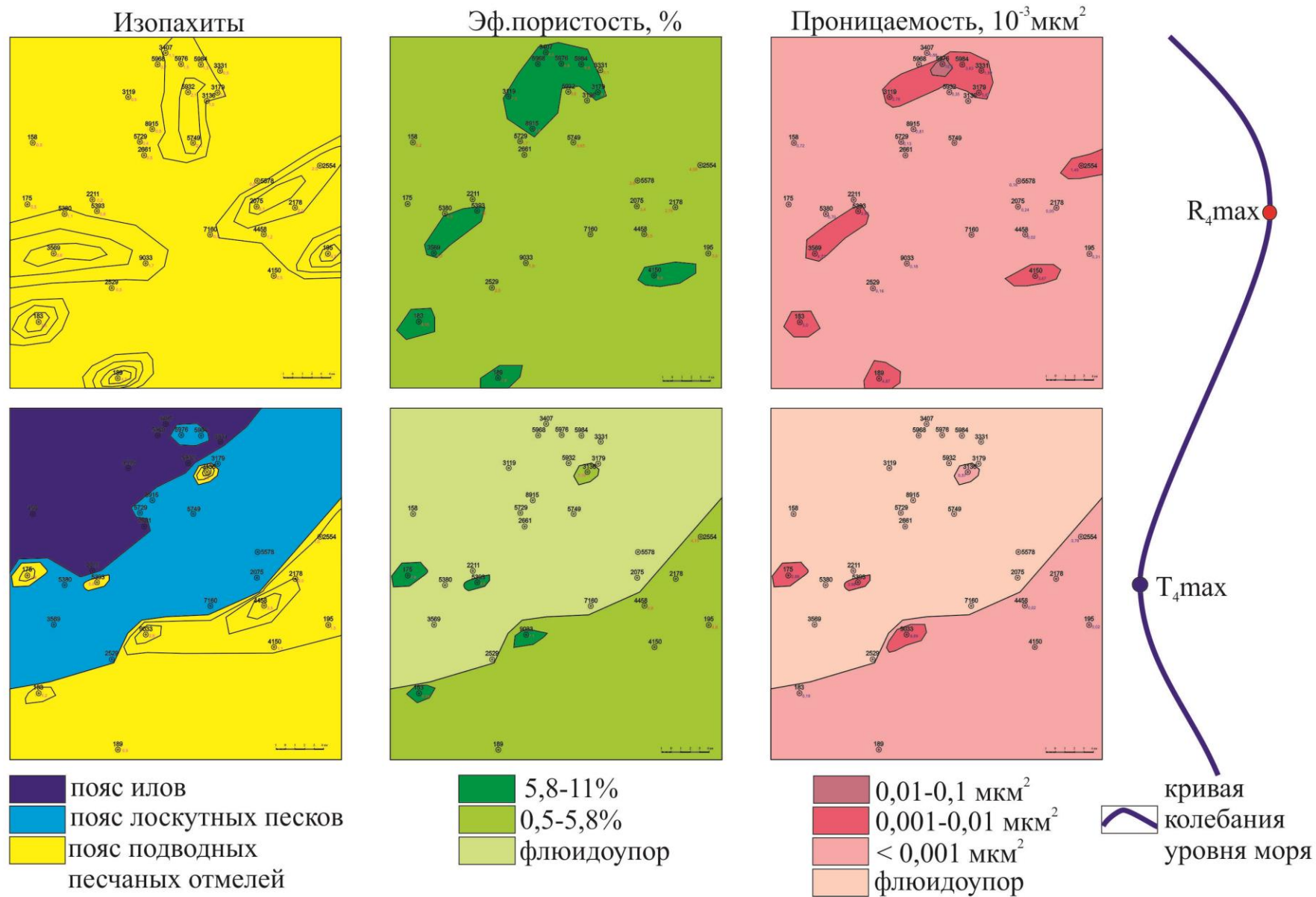


Рисунок 32 Схемы изопакит, эффективной пористости и проницаемости на T_{4max} и R_{4max}

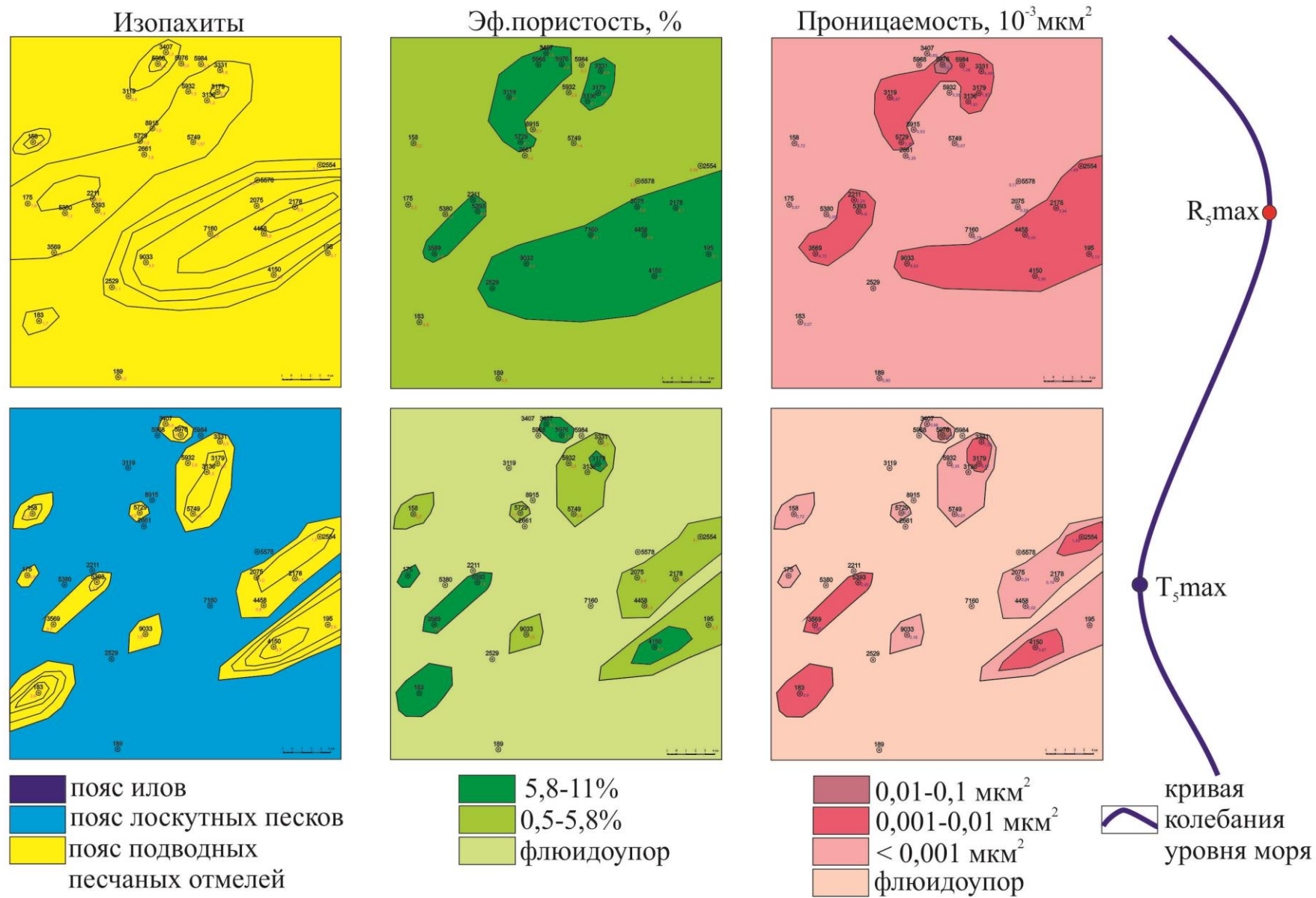


Рисунок 33 Схемы изопакит, эффективной пористости и проницаемости на Т₅max и R₅max

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изученный пласт ЮВ₁ верхневасюганской свиты на Ватьеганском месторождении образуют 7 структурно-генетических типов слоев.

Было установлено, что пласт ЮВ₁ сформирован в результате 5 трансгрессивно-регрессивных циклов колебаний уровня моря, причем в течении первого цикла формировался пласт ЮВ₁², а в течении последующих четырех – пласт ЮВ₁¹.

По этим трансгрессивно-регрессивным последовательностям разрезы были скоррелированы и установлены изохронные уровни, соответствующие трансгрессивным и регрессивным максимумам.

Каждый цикл приводил к формированию геологического тела – парагенерации, особенности строения которой определяют различия протекания процесса слоеобразования в разных частях осадочного бассейна в течение одного трансгрессивно-регрессивного цикла.

Анализ составленных литолого-генетических профилей, схем изопакит для песчаников и палеогеографических схем позволяют считать, что песчаные тела пласта ЮВ₁ сформировались на регрессивных фазах седиментации. Они представляют собой чередование многократно выклинивающихся песчаных слоев (отложения подводных валов) и линз чередований алевропелитов и псаммитов (отложения межваловых депрессий). По латерали песчаные слои замещают тонкие чередования алевропелитов и псаммитов, которые являются отложениями более глубоководной зоны лоскутных песков. Размеры песчаных тел последовательно увеличиваются от первого цикла к последнему, что отражает развитие общей регрессии.

Удлиненные песчаные линзы пласта ЮВ₁ вытянуты преимущественно с юга-запада на северо-восток, что соответствует направлению береговой линии.

Область мобилизации песчаного материала в это время представляла собой сушу, которая располагалась на юго-востоке за пределами месторождения.

Анализ составленных схем изопакит для песчаников, схем эффективной пористости и проницаемости песчаников позволил прийти к выводу о существовании прямой зависимости коллекторских свойств (эффективной пористости и проницаемости) песчаных тел от их мощности. Таким образом, наилучшими коллекторскими свойствами (эффективной пористостью и проницаемостью) обладают участки песчаников с наибольшей мощностью.

Коллекторы пласта ЮВ₁¹ Ватьеганского месторождения обладают низкими коллекторскими свойствами и относятся к IV и V классам коллекторов по классификации Ханина. От этого, можно предполагать бурение скважин, в тех зонах, где коллекторские

свойства пород наилучшие. Анализ таких зон представлен на рисунке 30. На предоставленной схеме видно, что наиболее перспективные участки находятся на юге и юго-западе Ватьеганского месторождения.

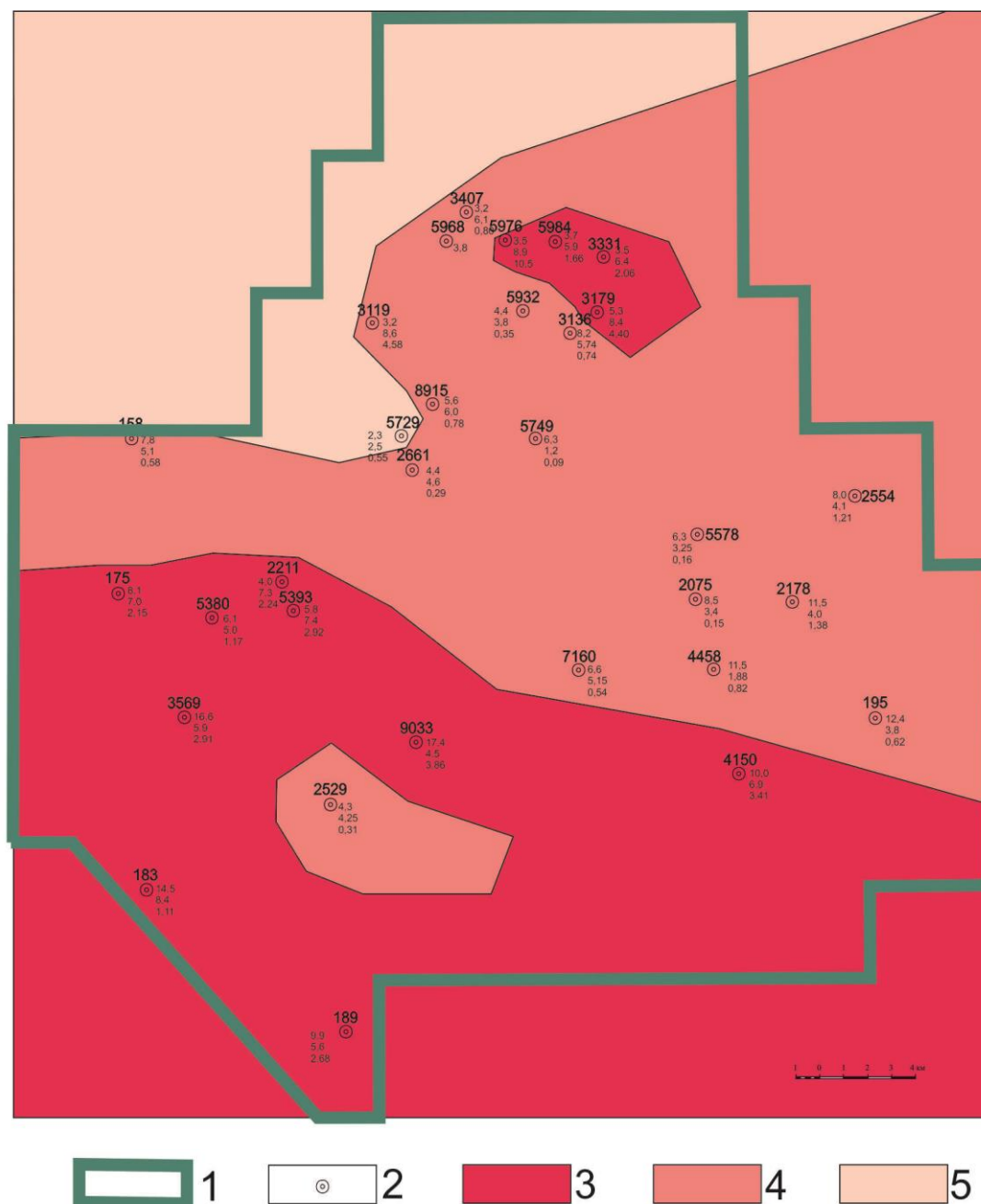


Рисунок 34 Схема распространения перспективных коллекторов пласта ЮВ¹

1 – граница лицензионного участка, 2 – разведочные скважины, 3 – перспективный коллектор (мощность > 5м, эффективная пористость > 5,8%, проницаемость > $1 \cdot 10^{-3}$ мкм²), 4 – возможный коллектор (мощность > 3м, эффективная пористость > 0,5%, проницаемость > $1 \cdot 10^{-3}$ мкм²), 5 – не коллектор (мощность < 3м, эффективная пористость < 0,5%, проницаемость < $1 \cdot 10^{-3}$ мкм²)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. www.mnr.gov.ru
2. Нифонтова О.Л. Эколого-географическая характеристика среднего Приобья//Экология человека №9. 2006.
3. Бакулин В.В. География Тюменской области. Екатеринбург, 1996, 240 с.
4. Конторович А.Э., Нестеров И.И. Геология нефти и газа Западной Сибири. М: Недра. 1975.
5. www.chertezhi.com
6. Региональные стратиграфические схемы мезозойских отложений Западно-Сибирской равнины. Тюмень, 1991.
7. Шпильман В.И., Солопахина Л.А. Новая тектоническая карта центральных районов Западной Сибири//Пути реализации нефтегазового потенциала ХМАО. Ханты-Мансийск, 1999, с 96-115.
8. Кропачев И.М., Скачек К.Г. Реконструкции литолого-фациальных моделей горизонта Ю1 васюганской свиты по данным сейсморазведки и бурения. Новосибирск, 2008, 187 с.
9. Гидион В.Я., Гидион В.А. Некоторые особенности геологического строения пласта Ю1, в условиях моноклинальности//Пути реализации нефтегазового потенциала ХМАО. Том 2. Ханты-Мансийск, 2003.
10. Скоробогатов В.А., Юферова Н.Ю. Юрский нефтегазоносный комплекс Западной Сибири: запасы, ресурсы, будущее//Пути реализации нефтегазового потенциала ХМАО. Том 1. Ханты-Мансийск, 2004, 360 с.
11. www.nftn.ru
12. Лесной А.Н. Исследование влияния дизъюнктивных нарушений в юрских отложениях на строение залежей нефтяных месторождений Когалымского нефтегазоносного района. Москва, 2015.
13. Шурыгин Б.Н. Стратиграфия нефтегазоносных бассейнов Сибири. Юрская система. Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал «ГЕО», с 200-480.
14. Решение 6-го Межведомственного стратиграфического совещания по рассмотрению и принятию уточненных стратиграфических схем мезозойских отложений Западной Сибири. Новосибирск: СНИИНиМС, 2004, 114 с.
15. Решения и труды межведомственного совещания по доработке и уточнению унифицированной и корреляционной стратиграфических схем Западно-Сибирской низменности. Тюмень: ЗапСибНИГНИД, 1996, 143 с.

16. Белозеров В.Б. Палеогеографические особенности формирования нефтеносных пластов васюганской свиты Западной Сибири//Известия Томского политехнического университета. Том 34, №1, 2007.
17. Вакуленко Л.Г., Предтеченская Е.А. Опыт применения гранулометрического анализа для реконструкции условий формирования песчаников продуктивных пластов васюганского горизонта Западной Сибири//Литология №3, 2003.
18. Харченко С.И. Зависимости фильтрационно-емкостных свойств от структурно-вещественных параметров пород пласта ЮВ1 Ватьеганского месторождения//Пути реализации нефтегазового потенциала ХМАО. Ханты-Мансийск, 1999.
19. Сметанин А.Б., Щергина Е.А. исследование цикличности отложений васюганской свиты в связи с разработкой седиментационных моделей пласта ЮВ1-1//Материалы 5-го Всероссийского литологического совещания. Том 2. Екатеринбург, 2008.
20. Конторович А.Э., Конторович В.А. Палеогеография Западно-Сибирского осадочного бассейна в юрском периоде//Геология и геофизика, том 54, Новосибирск, 2013.
21. Бронскова Е.И. Зональное изменение фильтрационно-емкостных свойств пород Ватьеганского месторождения по результатам исследования керна//Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений №1. Москва, 2016.
22. Объяснительная записка к атласу литолого-палеогеографических карт юрского и мелового периодов Западно-Сибирской равнины в масштабе 1:5000000 под редакцией д.г.-м.н. Нестерова И.И. Тюмень, 1976.
23. Белозеров В.Б. Фациальная диагностика по материалам ГИС континентальных и прибрежно-морских отложений юры юго-востока Западной Сибири//Проблемы геологии и нефтегазоносности верхнепалеозойских и мезозойских отложений Сибири. Новосибирск: СНИИГГиМС, 1984, с 11-23.
24. Панова Е.Г., Шишлов С.Б. Структурно-генетический и геохимический анализ осадочных формаций. СПб, 2013, 152 с.